RAÍZES, CIÊNCIA E TRANSFORMAÇÃO

50 anos de inovação da Embrapa Suínos e Aves

Jean Vilas-Boas
Monalisa Leal Pereira
Editores Técnicos

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura e Pecuária

RAÍZES, CIÊNCIA E TRANSFORMAÇÃO

50 anos de inovação da Embrapa Suínos e Aves

Jean Vilas-Boas
Monalisa Leal Pereira
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2025

Embrapa
Parque Estação Biológica
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br/
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo e editoração
Embrapa Suínos e Aves
Rodovia BR 153 - KM 110
89.715-899, Concórdia, SC
https://www.embrapa.br/suinos-e-aves

Comitê Local de Publicações

Presidente
Franco Müller Martins

Secretária-executiva
Tânia Maria Biavatti Celant

Membros
Clarissa Silveira Luiz Vaz, Catia Silene Klein, Gerson Neudí Scheuermann, Jane de Oliveira Peixoto e Joel Antonio Boff

Membros suplentes
Estela de Oliveira Nunes e Fernando de Castro Tavernari

Edição executiva
Jean Vilas-Boas, Monalisa Leal Pereira e Marina Schmitt

Revisão de texto
Jean Vilas-Boas e Monalisa Leal Pereira

Normalização bibliográfica
Claudia Antunes Arrieche (CRB14/880)

Projeto gráfico, capa e diagramação
Marina Schmitt

1ª edição
Publicação digital (2025): PDF
1ª impressão (2025): 700 exemplares

Todos os direitos reservados
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Suínos e Aves

Raízes, ciência e transformação: 50 anos de inovação da Embrapa Suínos e Aves/Jean Vilas-Boas, Monalisa Leal Pereira, editores técnicos - Brasília, DF: Embrapa, 2025.

PDF (509 p.) : il. color.
ISBN 978-65-5467-100-2

1. Embrapa Suínos e Aves. 2. História. 3. Desenvolvimento. 4. Inovação. 5 . Meio ambiente. 6. Produção animal. 7. Genética animal. 8. Sanidade animal. I. Vilas-Boas, Jean. II. Pereira, Monalisa Leal.

CDD (21. ed.) 630.72

Claudia Antunes Arrieche (CRB-14/880)

©2025 Embrapa

Editores técnicos e autores

Adriana Mércia Guaratini Ibelli
Bióloga, doutora em Genética Evolutiva e Biologia Molecular, analista da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Airton Kunz
Químico industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Alexandre Matthiensen
Oceanólogo, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Alfredo Ribeiro de Freitas
Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Métodos Quantitativos pesquisador aposentado da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Ana Paula Almeida Bastos
Médica-veterinária, doutora em Ciência, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Anildo Cunha Junior
Químico, mestre em Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Ari Jarbas Sandi
Economista, mestre em Agronegócio, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Arlei Coldebella
Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Armando Lopes do Amaral
Biólogo, mestre em Ciências Veterinárias, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Beatris Kramer
Bióloga, especialista em Desenvolvimento Sustentável e em Gestão da Segurança de Alimentos, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Catia Silene Klein
Bióloga, mestre em Biologia Celular e Molecular, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Clarissa Silveira Luiz Vaz
Médica-veterinária, doutora em Ciências Veterinárias, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Cláudio Rocha de Miranda
Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Ambiental, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Daiane Voss Rech
Bióloga, mestre em Medicina Veterinária, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Darci Dambrós Junior
Bacharel em Informática e em Tecnologia em Processamento de Dados, especialista em Governança de TI e em Administração de Redes Linux, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Dirceu João Duarte Talamini
Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Elsio Antonio Pereira de Figueiredo
Zootecnista, Ph.D. em Melhoramento Genético Animal, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Estela de Oliveira Nunes
Farmacêutica, doutora em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Everton Luis Krabbe
Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Fabiane Goldschmidt Antes
Química industrial, doutora em Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Francisco Noé da Fonseca
Farmacêutico, doutor em Ciências Farmacêuticas, analista da Embrapa, Gerência-Geral de Estratégias para o Mercado, Brasília, DF

Franco Müller Martins
Engenheiro agrícola, doutor em Administração, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Geordano Dalmédico
Bacharel em Sistemas de Informação, especialista em Ciência da Computação - Ciência da Informação, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Gerson Neudí Scheuermann
Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência Avícola, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Gilberto Silber Schmidt
Zootecnista, doutor em Melhoramento Genético Animal, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Iara Maria Trevisol
Médica-veterinária, mestre em Ciências Veterinárias, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Jalusa Deon Kich
Médica-veterinária, doutora em Ciências Veterinárias, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Jane de Oliveira Peixoto
Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Janice Reis Ciacci Zanella
Médica-veterinária, doutora em Virologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Jean Vilas-Boas
Jornalista, doutor em Conhecimento, Tecnologia e Inovação, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

João Alberto Suzin Marini
Farmacêutico, mestre em Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

João Dionísio Henn
Zootecnista, doutor em Zootecnia, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Jorge Vitor Ludke
Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

José Rodrigo Cláudio Pandolfi
Médico-veterinário, doutor em Biotecnologia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Josir Laine Aparecida Veschi
Médica-veterinária, doutora em Medicina Veterinária, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Juliano Corulli Corrêa
Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Luizinho Caron
Médico-veterinário, doutor em Genética e Biologia Molecular, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Marcelo Miele
Economista, doutor em Agronegócio, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Marcos Antonio Zanella Mores
Médico-veterinário, mestre em Ciências Veterinárias, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Mariana Groke Marques
Médica-veterinária e Zootecnista, doutora em Reprodução Animal, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Martha Mayumi Higarashi
Química, doutora em Química, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Maurício Egídio Cantão
Bacharel em Processamento de Dados, doutor em Bioinformática, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Monalisa Leal Pereira
Jornalista, mestre em Comunicação Social, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Mônica Corrêa Ledur
Zootecnista, doutora em Genética e Melhoramento Animal, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Osmar Antônio Dalla Costa
Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Paulo Armando Victória de Oliveira
Engenheiro agrícola, doutor em Construções Rurais e Ambiência, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Paulo Augusto Esteves
Biólogo, doutor em Ciências Veterinárias, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Paulo Giovanni de Abreu
Engenheiro agrícola, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Raquel Rebelatto
Farmacêutica, especialista em Microbiologia, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Rejane Schaefer
Médica-veterinária, doutora em Ciências Veterinárias, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Ricardo Luís Radis Steinmetz
Químico industrial, doutor em Engenharia Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Rosemari Martini
Bióloga, especialista em Biologia, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Sandra Camile Almeida Mota
Bióloga, mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Teresinha Marisa Bertol
Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Valdir Silveira de Avila
Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Vanessa Gressler
Química Industrial, doutora em Toxicologia, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Vicky Lilge Kawski
Farmacêutica bioquímica, mestre em Ciência de Alimentos, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Virgínia Santiago Silva
Médica-veterinária, doutora em Epidemiologia Experimental Aplicada a Zoonoses, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Vivian Feddern
Engenheira de alimentos, doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Waldomiro Barioni Júnior
Estatístico, mestre em Estatística e Experimentação Agronômica, pesquisador na Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Apresentação

A Embrapa Suínos e Suínos chega aos 50 anos em 2025 ciente do papel que ocupa dentro da avicultura e suinocultura brasileiras. É uma instituição que assumiu um compromisso permanente com o desenvolvimento tecnológico, o saber científico e o progresso social vinculados às produções de suínos e aves. Também se engajou desde o primeiro dia de sua instalação em Concórdia, no Oeste de Santa Catarina, na tarefa de ser o principal elo entre ciência, Estado e iniciativa privada no que diz respeito à avicultura e suinocultura. Os resultados alcançados nos últimos 50 anos mostram que ela cumpriu muito bem os papéis a que se propôs, cooperando para que o Brasil se transformasse em um dos maiores produtores mundiais de aves e suínos.

As contribuições da Embrapa Suínos e Aves, desde 1975, vão desde a criação de vacinas até a oferta de tecnologias para o uso de resíduos da produção. Passam ainda pela melhoria da genética de suínos e aves, pelo aprimoramento das rações e pelos estudos de competitividade das duas cadeias. A Unidade também foi decisiva ao longo das últimas cinco décadas na geração de conhecimentos e dados que embasaram políticas públicas fundamentais. Mais recentemente podem ser citados os esforços para aperfeiçoar o licenciamento ambiental da suinocultura em Santa Catarina e as pesquisas que redundaram na modernização da inspeção sanitária federal em frigoríficos que abatem suínos e aves.

O que a Embrapa Suínos e Aves fez pela avicultura e suinocultura nos últimos 50 anos também pode ser medido em números. De acordo com estudo sobre a percepção dos principais atores das produções de suínos e aves, a Embrapa foi responsável por 50% do progresso tecnológico apresentado pela avicultura nas últimas décadas. Na suinocultura, o mesmo estudo, finalizado em 2025, apontou que a contribuição foi de 74%. Tal reconhecimento valida o passado da Embrapa Suínos e Aves, mas ao mesmo tempo aumenta a responsabilidade para o futuro.

As cadeias de aves e suínos no Brasil possuem ainda vários desafios complexos a serem enfrentados. Exemplos são a redução no uso de antimicrobianos, a adaptação às mudanças climáticas, a busca pela sustentabilidade e a integração à pecuária 5.0. É esperado que a Embrapa Suínos e Aves mantenha o seu protagonismo e ofereça novamente contribuições decisivas na superação dos desafios vislumbrados pela suinocultura e avicultura. Os primeiros 50 anos permitem olhar com otimismo para o futuro e afirmar que a Embrapa continuará sendo um dos principais suportes das produções de aves e suínos no Brasil.

Ana Euler
Diretora de Inovação, Negócios e Transferência de Tecnologia

Prefácio

A descrição da trajetória da Embrapa Suínos e Aves nos últimos 15 anos é o principal objetivo desta obra. Os primeiros 35 anos da Unidade foram contados no livro "Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves". Lançado em 2011, o livro resgatou como a Unidade foi criada, os desafios enfrentados para a sua instalação no Oeste de Santa Catarina e os resultados alcançados até 2010. A presente obra conecta com a anterior. Para tanto, na abertura de cada capítulo, há um resumo do que foi apresentado no capítulo correspondente do livro dos 35 anos. Esse sentido de continuidade entre as duas obras é importante porque a pesquisa agropecuária sempre se desenvolve como um entrelaçamento de ações, que, em um determinado ponto da história, concretiza-se por meio de entregas na forma de conhecimentos ou tecnologias.

O livro dos 50 anos também foi estruturado por meio de capítulos dedicados às principais áreas de atuação da Embrapa Suínos e Aves (nutrição, genética, sanidade animal, segurança dos alimentos, economia e assim por diante). Os capítulos se dividiram entre suínos e aves, a exemplo do livro dos 35 anos. Porém, este livro dos 50 anos também apresenta artigos dedicados a temas transversais, mostrando as contribuições da Unidade para suínos e aves no mesmo texto. É o caso de temas como bem-estar animal, meio ambiente e estatística. Independentemente do tema do artigo, todos seguiram uma estrutura de composição semelhante. Primeiro foi apresentada a trajetória do contexto brasileiro em cada área. Na sequência, foram descritas as contribuições feitas pela Embrapa na transformação da área em questão entre 2010 e 2025.

Esta obra pretende se tornar referência para estudantes, pesquisadores e profissionais em geral interessados em buscar informações sobre os processos de transformação que explicam o progresso das produções de suínos e aves no Brasil nos últimos 15 anos. O livro dos 50 anos, ao descrever o que aconteceu no contexto brasileiro e situar as contribuições da principal empresa de ciência e tecnologia do país dedicada a aves e suínos, oferece um importante raciocínio sobre como o Brasil se consolidou em um dos protagonistas mundiais em termos de avicultura e suinocultura. Esta obra pode ser lida em partes, já que cada capítulo aborda uma área. No entanto, a sua leitura total é um exercício de navegação pelas transformações recentes da avicultura e suinocultura que vale a pena. É ainda a descrição de como a interação entre agentes públicos e privados está na base do desenvolvimento de duas das principais cadeias de valor agrícola do país.

Os Editores Técnicos

Sumário

Capítulo 1
Uma jornada de inovação, descobertas e crescimento.....17
Monalisa Leal Pereira e Jean Vilas-Boas

Capítulo 2
O desenvolvimento da avicultura e da suinocultura nos últimos 50 anos.....51
Marcelo Miele, Dirceu João Duarte Talamini, Franco Müller Martins e Ari Jarbas Sandi

Capítulo 3
Contribuição técnica da genética na evolução da suinocultura brasileira 83
Elsio Antonio Pereira de Figueiredo, Jane de Oliveira Peixoto, Maurício Egídio Cantão, Adriana Mércia Guaratini Ibelli e Mônica Corrêa Ledur

Capítulo 4
Reprodução de suínos: avanços tecnológicos e desafios para o futuro 107
Mariana Groke Marques e José Rodrigo Pandolfi

Capítulo 5
Importância da nutrição na evolução da suinocultura 121
Teresinha Marisa Bertol, Jorge Vitor Ludke e Everton Luis Krabbe

Capítulo 6
Saúde dos suínos como base para uma produção sustentável.....141
Catia Silene Klein, Jalusa Deon Kich, Janice Reis Ciacci Zanella, Josir Laine Aparecida Veschi, Marcos Antonio Zanella Mores, Raquel Rebelatto e Rejane Schaefer

Capítulo 7
Javali - Protagonismo da pesquisa em apoio a políticas públicas e defesa sanitária animal.....179
Virgínia Santiago Silva, Beatris Kramer, Geordano Dalmédico e Iara Maria Trevisol

Capítulo 8
Integração entre regulação, pesquisa e indústria na qualidade dos alimentos.....207
Jalusa Deon Kich, Virgínia Santiago Silva, Josir Laine Aparecida Veschi, Vanessa Gressler e Vicky Lilge Kawski

Capítulo 9
Sistemas de produção: sustentabilidade e desempenho tecnológico 221
Armando Lopes do Amaral, Paulo Armando Victória de Oliveira e
Osmar Antônio Dalla Costa

Capítulo 10
Contribuições para o melhoramento genético de aves 241
Mônica Corrêa Ledur, Jane de Oliveira Peixoto, Adriana Mércia Guaratini Ibelli,
Maurício Egídio Cantão, Gilberto Silber Schmidt e Elsio Antonio Pereira de Figueiredo

Capítulo 11
Nutrição acompanha contínuo avanço na produção de frangos de corte ...265
Gerson Neudí Scheuermann, Everton Luis Krabbe e Jorge Vitor Ludke

Capítulo 12
Foco de trabalho em biosseguridade 287
Ana Paula Almeida Bastos, Clarissa Silveira Luiz Vaz, Daiane Voss Rech,
Iara Maria Trevisol, Luizinho Caron e Paulo Augusto Esteves

Capítulo 13
Novas abordagens para garantir a segurança dos alimentos.....313
Luizinho Caron, Clarissa Silveira Luiz Vaz, Daiane Voss Rech, Vanessa Gressler,
Vivian Feddern, Anildo Cunha Junior, Gerson Neudí Scheuermann,
Ana Paula Almeida Bastos e Francisco Noé da Fonseca

Capítulo 14
Papel indispensável na evolução da avicultura 335
Gilberto Silber Schmidt, Paulo Giovanni de Abreu e Valdir Silveira de Avila

Capítulo 15
Meio ambiente dá suporte à expansão em suínos e aves 359
Estela de Oliveira Nunes, Alexandre Matthiensen, Airton Kunz, Cláudio Rocha de Miranda,
Juliano Corulli Corrêa, Martha Mayumi Higarashi e Paulo Armando Victória de Oliveira

Capítulo 16
Produção de ovos cresce 46% no Brasil em 15 anos 383
Jorge Vitor Ludke, João Dionísio Henn e Gerson Neudí Scheuermann

Capítulo 17
Estudos sobre economia em suínos e aves.....407
Dirceu João Duarte Talamini, Marcelo Miele, Franco Müller Martins e Ari Jarbas Sandi

Capítulo 18
O valor estratégico do bem-estar na suinocultura moderna 427
Paulo Giovanni de Abreu, Gilberto Silber Schmidt e Osmar Antônio Dalla Costa

Capítulo 19
Mais que tendência, bem-estar na avicultura é diferencial de mercado.....447
Paulo Giovanni de Abreu, Gilberto Silber Schmidt e Valdir Silveira de Avila

Capítulo 20
Contribuições para a sustentabilidade e o futuro da produção de proteínas 465
Fabiane Goldschmidt Antes, Ana Paula Almeida Bastos, Anildo Cunha Junior, Darci Dambrós Junior, Geordano Dalmédico, João Alberto Suzin Marini, Ricardo Luís Radis Steinmetz , Rosemari Martini, Sandra Camile Almeida Mota, Vanessa Gressler e Vivian Feddern

Capítulo 21
Estatística e ciência de dados na pesquisa em suínos e aves.....487
Arlei Coldebella, Maurício Egídio Cantão, Alfredo Ribeiro de Freitas e Waldomiro Barioni Júnior

CAPÍTULO 1

Uma jornada de inovação, descobertas e crescimento

Monalisa Leal Pereira e Jean Vilas-Boas

Sonho, desafio e tecnologia | 1975–2010

O Brasil resolveu criar um instrumento operacional para a pesquisa agropecuária nacional capaz de responder às necessidades de desenvolvimento do país no início dos anos 1970. Foi assim que surgiu, no dia 26 de abril de 1973, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A partir desta data, a Embrapa espalhou-se por todos os estados brasileiros por meio de unidades descentralizadas especializadas em produtos, temas ou ecorregiões. Santa Catarina, estado pioneiro na implantação do modelo industrial de produção de suínos e aves, mobilizou-se em 1974 para receber o centro de pesquisa voltado ao desenvolvimento de tecnologias para a suinocultura. A direção da Embrapa, que também analisou a candidatura da cidade de Estrela, no Rio Grande do Sul, definiu oficialmente instalar em Concórdia, no oeste de Santa Catarina, a unidade dedicada à suinocultura durante reunião realizada no dia 13 de junho de 1975, em Brasília.

A Embrapa Suínos começou a ser instalada em Concórdia em agosto de 1975, ocupando um espaço no prédio da Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS). Os dois primeiros pesquisadores foram Derni das Neves Formiga e Rui Melo de Souza. Após finalizado o primeiro ciclo de implantação da nova Unidade, entre 1976 e 1977, ela recebeu um novo desafio. A Embrapa decidiu em 1978 investir na investigação científica sobre a cadeia avícola, em franca expansão no Brasil. A Diretoria Executiva da empresa ficou entre a criação de uma nova unidade ou a integração com o Centro de Suínos, já que as cadeias produtivas apresentavam muitas similaridades. A tese da integração acabou prevalecendo porque a região de Concórdia também era um importante polo produtor avícola. Foi assim que em 18 de outubro de 1978 surgiu a Embrapa Suínos e Aves.

Contribuições para inovação e progresso técnico

A Embrapa Suínos e Aves foi um dos atores mais importantes no desenvolvimento da avicultura e suinocultura nacionais entre 1975 e 2010. Um estudo mostrou que a Embrapa foi responsável por 40% do progresso técnico da suinocultura e por 20% do progresso técnico da avicultura no período, na opinião de líderes dos dois setores. Na prática, a contribuição da Embrapa Suínos e Aves nos seus primeiros 35 anos rendeu vacinas (como por exemplo, contra a rinite atrófica), tabelas de composição química e valores energéticos de alimentos, testes de diagnóstico e produtos de genética em suínos e aves (exemplos são o suíno light e as aves coloniais da Embrapa).

Também foram desenvolvidas soluções em temas como inseminação artificial em suínos, genômica, redução do impacto ambiental da suinocultura, análises econômicas dos sistemas de produção de aves e suínos, equipamentos e edificações, entre outras entregas para os dois setores. A Embrapa Suínos e Aves foi ainda, de 1978 a 1992, a coordenadora do Programa Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves, financiando ações em outras instituições, como universidades e empresas estaduais de pesquisa agropecuária.

Parcerias e reconhecimentos

"A Embrapa Suínos foi criada em junho de 1975. Em outubro de 1978, a Unidade incorporou a pesquisa em aves, surgindo assim a **Embrapa Suínos e Aves**."

A trajetória da Embrapa Suínos e Aves também foi marcada por ações de transferência de tecnologia (acordos de cooperação técnica para repasse de tecnologias ou para formação de profissionais de assistência técnica) e comunicação (promoção de eventos científicos, participação em feiras e exposições, disponibilização de publicações, atendimento ao cidadão e prestação de informações ao público em geral através da imprensa).

A Embrapa Suínos e Aves também apostou na construção de alianças que resolvessem demandas importantes da suinocultura e avicultura. Foi assim que em julho de 1989 surgiu o Centro de Diagnóstico em Saúde Animal (Cedisa), parceria com a Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc), a ACCS, o Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados de Santa Catarina (Sindicarne/SC), o Ministério da Agricultura (Mapa) e a Prefeitura Municipal de Concórdia. O Cedisa é um laboratório especializado no diagnóstico das principais doenças que afetam as produções de suínos e aves. Vale destacar também que, entre 1975 e 2010, a Embrapa Suínos e Aves recebeu 31 prêmios nacionais e internacionais de expressão vinculados às contribuições prestadas à suinocultura e avicultura.

Uma jornada de inovação, descobertas e crescimento

A Embrapa Suínos e Aves (Figura 1.1) passou por uma transformação significativa no período entre 2010 a 2025. Durante esse tempo, a Unidade experimentou fases de crescimento e fortalecimento estrutural, mas também enfrentou redução de orçamento e grande oscilação no quadro de empregados - de 205 para 154. Passou ainda por mudanças de gestão na Unidade e na empresa como um todo, com alterações em seu regimento e atualizações de Plano Diretor, adequações de estrutura e de gestão da pesquisa. Acima de tuto isso, viveu também um desafio excepcional, que marcou o mundo: a pandemia de covid-19. Apesar das dificuldades, a Embrapa Suínos e Aves consolidou-se nos últimos 15 anos como referência internacional em pesquisa e desenvolvimento para a suinocultura e avicultura. A modernização da infraestrutura, o fortalecimento das parcerias e o foco em inovação garantiram à Unidade um papel estratégico no setor.

Na gestão da Unidade, três chefias atuaram no período. De 2010 a 2014, a condução foi do pesquisador Dirceu João Duarte Talamini, que teve em sua equipe como chefes-adjuntos o analista Fernando Luís De Toni (Administração), os pesquisadores Gerson Neudí Scheuermann e Arlei Coldebella (Pesquisa & Desenvolvimento) e Gilberto Schmidt e Luizinho Caron (Transferência de Tecnologia). Em agosto de 2014, a pesquisadora Janice Reis Ciacci Zanella assumiu a gestão da Unidade, contando em sua equipe com o analista Armando Lopes do Amaral (Administração) e os pesquisadores Airton Kunz (Pesquisa & Desenvolvi-

Figura 1.1. Embrapa Suínos e Aves, localizada no município de Concórdia, SC.

mento) e Marcelo Miele (Transferência de Tecnologia). O analista Cassio Wilber também atuou como chefe de Transferência de Tecnologia. Outra mudança na gestão ocorreu em setembro de 2021, quando o pesquisador Everton Luís Krabbe assumiu a chefia-geral, tendo na equipe de chefes-adjuntos o analista Darci Dambrós Júnior (Administração) e os pesquisadores Rodrigo da Silveira Nicoloso e Catia Silene Klein (Pesquisa & Desenvolvimento) e Franco Martins Müller (Transferência de Tecnologia).

Expansão e modernização da infraestrutura da Unidade

O ano de 2010 proporcionou importantes avanços em termos de gestão institucional na Embrapa Suínos e Aves. O principal foi a conclusão do novo regimento da Unidade, com o apoio da Secretaria de Gestão Estratégica (SGE) da Embrapa, que permitiu uma reorganização dos setores, com foco nas demandas explicitadas no Plano Diretor da Unidade (PDU). O destaque foi para o arranjo voltado à Pesquisa & Desenvolvimento, que deu mais agilidade para responder às necessidades apresentadas pelas cadeias produtivas da suinocultura e avicultura. Um novo organograma também se preocupou em organizar de forma mais adequada as áreas de Transferência de Tecnologia e Administração.

Ao lado do novo regimento, podem ser destacadas outras duas ações de gestão. A primeira delas foi a recomposição e ampliação do quadro funcional da Unidade, com a contratação de 17 novos profissionais entre pesquisadores, analistas e assistentes. O quadro de empregados passou para 205. Essa recomposição permitiu a alocação de profissionais em setores estratégicos, como nos laboratórios de Sanidade Animal e Análises Físico-Químicas, além de reforçar os grupos voltados à sanidade animal, manejo da produção, qualidade da carne e meio ambiente. Do ponto de vista do processo de produção de projetos competitivos, foram ampliados os fóruns internos de discussão e valorizado o papel do Comitê Técnico Interno (CTI) como instância de aperfeiçoamento das propostas. Essa iniciativa proporcionou um alto índice de aprovação de projetos em editais que a Embrapa Suínos e Aves participou.

A segunda ação que marcou o ano foram os investimentos em infraestrutura, viabilizados especialmente com os aportes financeiros do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Embrapa. As obras foram parte importante dos novos rumos que a Unidade tomou. O orçamento da Unidade, em 2010, para custeio e investimentos cresceu 26% em relação ao anterior, sendo os recursos do PAC a principal fonte financiadora deste aumento de recursos. Foram realizados investimentos na revitalização das estruturas da Unidade, com a ampliação do edifício da administração, de salas para pesquisadores, do

Laboratório de Sanidade e para a manutenção e recuperação de equipamentos e veículos. A continuidade da cooperação técnica com a Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copérdia) também merece destaque. O acordo gerou recursos indiretos para a manutenção dos campos experimentais e os contratos firmados com as fundações apresentaram um acréscimo de 22%.

A Embrapa Suínos e Aves continuou avançando em termos de gestão em 2011. Uma das melhorias foi a implantação do novo organograma da Unidade, que propiciou um realinhamento dos setores. As mudanças visaram adaptar o ambiente interno ao modelo de gestão da Embrapa e às demandas da avicultura e suinocultura daquele momento. Uma das principais novidades foi o surgimento dos grupos de pesquisa, em substituição aos núcleos de pesquisa. Foram criados cinco grupos: Produção de Aves, Produção de Suínos, Sanidade em Aves, Sanidade em Suínos e Meio Ambiente. A proposta em torno dos grupos foi a de aumentar a interação entre os pesquisadores da Unidade, viabilizando assim a formulação de projetos que respondessem às principais necessidades da avicultura e suinocultura.

Do ponto de vista dos recursos humanos, a Embrapa Suínos e Aves completou a reestruturação do seu quadro funcional com 13 contratações. O orçamento também apresentou melhorias significativas em 2011, o que viabilizou a conclusão de obras e o início da estação compacta de tratamento de efluentes (ETE), com rede coletora, compostagem de dejetos e empacotamento de biofertilizantes. Os recursos de investimento permitiram viabilizar a construção de um abatedouro experimental, a reforma do auditório da Unidade e melhorias no sistema de aquecimento utilizado em aviários experimentais, além de compra de equipamentos para laboratórios e atenção à área de tecnologia da informação.

Um dos resultados apresentados pela Embrapa Suínos e Aves em 2011 foi a criação da Central de Inteligência em Aves e Suínos (CIAS), conforme detalhado no Capítulo 17. A CIAS passou a disponibilizar informações geradas ou não pela Embrapa Suínos e Aves, consideradas de importância para as cadeias produtivas. A Embrapa contribuiu ainda com a agricultura familiar com estudos sobre o uso da administração rural como instrumento de transferência de tecnologia e geração de renda. Tratou ainda da sustentabilidade ambiental da suinocultura familiar catarinense, formas alternativas de organização da produção de frangos em assentamentos rurais e potencialidades do espaço rural como base para atividades culturais, lazer e turismo. Essas pesquisas forneceram subsídios importantes para que fosse realizado o mapeamento de dificuldades, bem como a identificação de possíveis alternativas para viabilizar, de forma sustentável, a produção de base familiar.

Nesse período, a Embrapa Suínos e Aves atuou em projetos que aliaram transferência de tecnologia e pesquisa, a exemplo do Projeto Leitão ideal (ver

Capítulo 9 para mais detalhes), realizado em parceria com a Coopercentral Aurora. Os primeiros resultados foram apresentados no final de 2011, relativos aos 12 suinocultores que fizeram parte do plano-piloto e que adotaram os padrões operacionais sugeridos, alcançando a produtividade mínima de 24 leitões/porca/ano, principal meta do projeto. O Leitão ideal também atuou na mudança de atitude dos produtores, organizando a produção e propondo o uso de padrões operacionais, o que proporcionou um maior retorno econômico aos participantes do projeto. Os padrões operacionais foram elaborados com base nas Boas Práticas de Produção de Suínos descritas pela Embrapa Suínos e Aves e transferidos aos produtores por meio de treinamentos. A meta inicial do projeto era a de capacitar 414 produtores até o final de 2012, e foi superada em 55,8%. Ainda nessa área, a Embrapa Suínos e Aves, também em parceria com a Coopercentral Aurora, desenvolveu ações semelhantes no Projeto Frango Ideal.

Na área de pesquisa e desenvolvimento, a Embrapa Suínos e Aves alcançou bons resultados em 2012, com projetos robustos e institucionalizados, capazes de atingir os impactos esperados. Um exemplo foi o Projeto Javali (abordado em maior profundidade no Capítulo 9), que começou o trabalho de estruturar um programa de vigilância epidemiológica e manejo populacional desses suínos asselvajados na área livre de peste suína clássica (PSC), equivalente a 14 estados brasileiros. O projeto contou com a parceria do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama), Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Exército Brasileiro, além do apoio de diversas entidades estaduais, organizações não-governamentais (como o Instituto Javali Brasil0, polícias ambientais, cooperativas e setor produtivo em geral. O quadro funcional ficou praticamente estável em 2012, fechando com um empregado a mais em comparação ao ano anterior. Neste ano, a Unidade continuou investindo em melhorias na infraestrutura, como a modernização do edifício das Administração, reformas dos aviários no Campo Experimental de Aves e da Unidade de Produção de Aves SPF (livre de doenças).

Em 2013, as prioridades foram concluir as obras iniciadas, como a modernização dos laboratórios e campos experimentais, do abatedouro experimental de aves, incinerador, estação de tratamento de efluentes, aviários experimentais com produção automatizada de aves e ovos, adequação das redes elétricas para novas construções e revitalização e modernização da estrutura de tecnologia da informação. Na área de pesquisa, a Unidade inaugurou o Laboratório de Estudos do Biogás (mais informações no Capítulo 20), o primeiro de Santa Catarina. A estruturação do laboratório iniciou com um convênio com a Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGás), o Centro Alemão de Pesquisa em Biomassa (BBFZ) e a Sociedade Alemã de Cooperação Internacional (GIZ). A ação teve apoio da

BGT Energie. O laboratório, em atividade até hoje, tem capacidade para analisar o potencial teórico de geração de energia a partir do resíduo levado ao biodigestor.

O ano de 2014 foi de concretização de importantes obras na infraestrutura da Embrapa Suínos e Aves, além de constante aperfeiçoamento e reforço da equipe, ajustes na organização da pesquisa e mudança de gestão. No quadro de pessoal, o reforço ficou especialmente na área de pesquisa e gestão de campos experimentais, fechando o ano com 212 empregados. A pesquisa passou por ajustes e voltou a atuar em núcleos temáticos, denominados Produção de Suínos, Produção de Aves, Sanidade em Aves, Sanidade em Suínos e Meio Ambiente.

As obras incluíram a finalização da reforma do prédio de Administração, a conclusão do Laboratório de Segurança de Nível 3 (NB3) e a ampliação do Laboratório de Sanidade e Genética Animal, além da melhoria da Central de Inseminação Artificial de Suínos. A central foi considerada investimento estratégico para as pesquisas em melhoramento genético de suínos porque permitiu a criação de um banco de sêmen com material produzido na Embrapa a partir da coleta e do armazenamento de sêmen de cachaços para uso nos projetos da Unidade. Além disso, possibilitou a distribuição de material genético para parceiros e o intercâmbio com instituições estrangeiras e nacionais. A estrutura também foi usada para experimentos da área de reprodução e para cursos.

A discussão e definição da agenda de prioridades da Unidade, em consonância com a agenda institucional, foi um dos temas centrais da gestão, que mobilizou a equipe de gestores. A Embrapa Suínos e Aves manteve sua atuação junto à cadeia produtiva, discutindo e apoiando temas importantes, como sanidade animal, custo de produção e bem-estar. Exemplo foi a aprovação de um projeto para subsidiar a reavaliação dos procedimentos *ante* e *post-mortem* adotados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF) em frigoríficos abatedores de aves e suínos, atualizando e modernizando o processo de inspeção (tema tratado nos Capítulos 8 e 13). O projeto foi em parceria com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Dipoa) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Avanços importantes se deram na pesquisa e nas demais áreas. Um deles foi o lançamento da fêmea Embrapa MO25C (descrição completa no Capítulo 3) que marcou os 18 anos do programa de melhoramento genético de suínos da Embrapa, que apresentou ao mercado nacional o primeiro suíno light. Outra contribuição significativa da pesquisa no ano de 2014 foi a contribuição para a construção da Instrução Normativa nº 11, que definiu os procedimentos e a documentação necessária ao licenciamento ambiental da suinocultura em Santa Catarina (também abordada no Capítulo 15). Dois grupos de trabalho, liderados por pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves e com apoio da Universidade do

Estado de Santa Catarina (Udesc), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), foram formados e elaboraram os estudos técnicos que subsidiaram a redação da nova IN nº 11.

Foram atualizadas as recomendações técnicas sobre consumo de água na suinocultura, geração de efluentes e uso dos dejetos de suínos como fertilizantes em áreas de produção agropecuária e florestal. As alterações consideradas necessárias foram apresentadas e discutidas com a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma), hoje denominada Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA). A Embrapa Suínos e Aves lançou ainda em 2014 seu primeiro software para smartphones e tablets, o Granucalc. O aplicativo ajudou a formular ração para aves e suínos e era baixado gratuitamente para dispositivos com sistema operacional Android.

O ano de 2015 foi especial para a Embrapa Suínos e Aves, que completou 40 anos de atuação de pesquisa junto às cadeias produtivas de aves e de suínos. A marca do ano ficou por conta do lançamento de duas importantes tecnologias, o abatedouro móvel para suínos e o fertilizante orgânico Adumax, produto do Arranjo Tecnológico para Tratamento de Dejetos Suínos. Além disso, a Unidade contribuiu para a definição de políticas públicas por meio do Projeto Javali, em parceria com diversos órgãos e Mapa. Outro projeto importante e que envolveu a equipe de pesquisa foi o de Tecnologia para destinação de animais mortos (TEC-DAM). Na linha de produtos entregues, a Unidade lançou o Energcalc, software que calcula a energia metabolizável em experimentos com suínos e aves. A energia metabolizável é utilizada na formulação de rações.

A gestão e a pesquisa estiveram, em 2015, com foco na manutenção do status sanitário de suas granjas, adequando estrutura e equipe para atender normativas vigentes. Na área de sanidade, importantes trabalhos foram desenvolvidos para auxiliar no controle de doenças emergentes, como a infecção pelo senecavírus e a prevenção contra a diarreia epidêmica dos suínos (PED). A atuação dos núcleos temáticos foi intensa e garantiu que novos projetos e arranjos fossem propostos e estruturados, dando continuidade à missão da Unidade, que é a de contribuir com a evolução da suinocultura e avicultura nacionais. Um deles foi voltado para a qualidade e resistência de ovos, buscando uma película contendo nanopartículas, com potencial para reduzir problemas de contaminação microbiana, além de melhorar as propriedades de permeabilidade da casca, reduzindo a degradação interna, o que permitiria maior tempo de armazenamento, e adicionalmente incrementaria a resistência da casca a impactos, mantendo características e propriedades nutritivas (mais detalhes sobre este assunto no Capítulo 16).

Criatividade e esforço conjunto para superar desafios

Em 2016, a atuação da Unidade ocorreu num cenário de redução de orçamento, o que levou a gestão e equipes a se adaptarem com criatividade, fortalecimento de parcerias e busca de alternativas. A atuação se concentrou em demandas importantes do setor e a equipe contribuiu em diversas frentes. Foram trabalhos de pesquisa, participação em fóruns de discussões e em comitês representativos, tudo visando soluções e definições para as cadeias produtivas.

Um grande esforço foi a reativação do Campo Experimental de Suruvi, o que garantiu o status sanitário da genética da Embrapa. A fábrica de rações da Unidade foi outra instalação que teve o empenho da equipe para efetuar melhorias. A problemática da destinação de animais mortos em propriedades também foi um tema importante de atuação das equipes de pesquisa e rendeu trabalhos importantes, como a viabilização de um espaço de experimentação, o Laboratório TEC-DAM.

Outra contribuição importante neste ano foi em bem-estar animal. Em parceria com o Mapa, foram realizados eventos técnicos para discutir a gestação coletiva de matrizes suínas (tema descrito no Capítulo 18). Os seminários técnicos abordaram o papel da Embrapa na transição para o sistema de gestação coletiva, as experiências das agroindústrias que já implementaram a mudança e as estratégias do serviço veterinário oficial e indústrias para sua adoção. Além disso, a Unidade assinou dois Termos de Execução Descentralizada (TED) com o Mapa, através da Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo, para a condução de três anos de estudos e atividades em bem-estar com poedeiras comerciais e no alojamento de matrizes suínas. Entre as ações desenvolvidas pelos TEDs estavam a realização de capacitações técnicas de produtores, técnicos e profissionais da agroindústria. Ainda foram publicadas pela Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS) uma série de cartilhas sobre o bem-estar animal na produção de suínos com participação da Unidade.

Na mesma linha de uma atuação em temas de impacto para a cadeia produtiva, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu o Sistema Integrado de Manejo de Fauna (Simaf), explorado em detalhes no Capítulo 7, que permite o gerenciamento dos dados de ocorrência de suídeos asselvajados no Brasil, bem como as ações de controle, possibilitando o monitoramento do manejo. O Simaf foi entregue para operacionalização pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama), informatizando os processos. Além do sistema, a Embrapa atuou na realização de eventos com diferentes públicos.

A Embrapa disponibilizou neste mesmo ano mais dois aplicativos para smartphones e tablets: Custo Fácil, para contribuir na melhoria da gestão, e o DiagSui, que trouxe orientações para veterinários de granjas e de empresas sobre

o diagnóstico laboratorial das principais doenças dos suínos (mais informações sobre os aplicativos estão disponíveis no Capítulo 20). Em transferência de tecnologia, a Unidade integrou uma iniciativa importante da empresa e fez parte do Comitê de Gestão Estratégica da Unidade Mista de Pesquisa e Transferência de Tecnologia (UMIPTT) do Sudoeste do Paraná, localizada no município de Francisco Beltrão. A Unidade é resultante da parceria firmada em maio de 2016 entre a Embrapa, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Instituto Agronômico do Paraná (Iapar). Ela foi criada para agregar competências para geração e disponibilização de soluções tecnológicas promotoras do fortalecimento de arranjos produtivos na região.

Embora 2016 tenha sido mais um ano em que a Embrapa Suínos e Aves precisou se adequar ao momento econômico do país, a Unidade conseguiu aplicar em obras e investimentos um valor quase 13 vezes maior que o investido em 2015, mas praticamente a metade do aplicado em melhorias em 2014. As obras no Campo Experimental de Suruvi (CES), no interior do município de Concórdia, foram a prioridade. A área de 34,5 hectares tem 12 barracões (com aproximadamente 6 mil m²), era utilizada para pesquisa e criação de frangos até o final de 2010 e quase foi a leilão em 2012. O investimento em Suruvi foi para a reforma e construção de portarias, aviários e composteira, instalação de rede lógica e execução de projeto elétrico. O CES abriga o rebanho do Núcleo de Conservação Genética de Aves (NCGA).

Com criatividade, a equipe superou o cenário de 2017, que trouxe redução de orçamento, e estabeleceu promissoras parcerias, numa aproximação crescente com a agroindústria nacional. Também iniciou a inserção em novas cadeias, como de patos e perus, atendendo às demandas do setor. Tudo sempre alinhado à visão de futuro e às prioridades da Embrapa, estabelecidas em documentos de visão e prospecção. A Unidade teve uma contribuição importante na efetivação de políticas públicas envolvendo temas como reutilização de cama aviária, modernização do Sistema de Inspeção Federal, destinação de animais mortos e controle de javali. Na questão de genética, o CES concentrou esforços para entrar em funcionamento, o que garantiu a manutenção do NCGA e deu novo rumo à área experimental.

Em pesquisa, um destaque foi a apresentação de uma vacina contra a *Pasteurella multocida* sorotipo A (PmA), importante agente de doença clínica e de condenação de carcaças de suínos nos frigoríficos por lesões pulmonares (conforme apresentado no Capítulo 6). A Unidade desenvolveu o ativo e o colocou para parceria para finalizar o desenvolvimento para o mercado. Outra entrega foi o Conforcalc, um aplicativo para smartphones e tablets com sistema operacional Android, que utiliza o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e calcula

os efeitos combinados da temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação no bem-estar das aves.

Embora 2017 tenha sido mais um ano em que a Embrapa Suínos e Aves precisou se adequar ao momento econômico do país, a Unidade conseguiu aplicar em obras e equipamentos um valor 32% maior que o investido em 2016. Em 2017, a prioridade foi a reforma da fábrica de rações do centro de pesquisa. Construída em 1980, a fábrica atende à demanda interna com rações experimentais e manutenção dos plantéis de suínos e aves, produzindo ração peletizada e farelada. A fábrica tem uma área de 1.225 m² e produz uma média anual de 2 mil toneladas de ração. A reforma física foi para atendimento de instrução normativa do Mapa, bem como melhorar a estrutura para treinamentos e capacitações.

O ano de 2018 foi marcado pela reativação efetiva do Campo Experimental de Suruvi. Foram cerca de quatro anos trabalhando para ajustar e adequar a área, garantindo para a Embrapa Suínos e Aves a conservação da genética e experimentos na área de aves, atendendo às normativas oficiais do Mapa. Com essa liberação, a Unidade reforçou a biosseguridade dos rebanhos, diminuindo riscos sanitários, mantendo uma réplica do material genético e viabilizando o uso sem restrições da área experimental na atual granja de aves. Com estas mudanças, o NCGA garantiu o registro de granja bisavozeira, permitindo a venda de material genético.

Outra estrutura que entrou em funcionamento foi o Laboratório de Biotecnologia e Nanotecnologia Aplicadas à Nutrição Animal (Labina). Nesse espaço, pesquisadores e equipe de apoio atuam em estudos de sistemas in vitro para caracterização de matéria-prima e ativos provenientes de biotecnologia, como enzimas e probióticos. Ainda em 2018, iniciou-se um estudo para a transferência da estrutura de pesquisa do metabolismo de aves para o antigo incubatório, permitindo ampliar a experimentação nesta área.

Na pesquisa, a Embrapa Suínos e Aves lançou a Unidade de Produção de Biometano (BiogásFort®), a primeira em Santa Catarina e uma das pioneiras no Brasil nessa escala para uso como combustível veicular (mais informações no Capítulo 15). Depois de passar pelo processo de dessulfurização e purificação, o biometano foi usado para abastecer um dos veículos da frota da Unidade. A tecnologia é semelhante à usada em veículos movidos a GNV. No mesmo momento, a Embrapa Suínos e Aves apresentou um biofiltro que utiliza bactérias para purificar o biogás gerado a partir dos dejetos suínos das granjas. O processo foi resultado de pesquisa que teve o apoio financeiro das empresas Eletrosul e Uirapuru Transmissora de Energia. O equipamento faz parte do BiogásFort®.

O ano ficou marcado também pelo esforço e renovação de importante parceria com o Cedisa. Essa cooperação, proposta por meio de edital, foi des-

tinada à instalação e operação de um laboratório de diagnóstico de sanidade animal, que viabilizou a realização de diagnósticos e monitoramento de doenças animais, obrigatoriamente de suídeos e aves, no âmbito do Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) e do Programa Nacional de Sanidade Suídea (PNSS). Atendeu ainda demandas relacionadas a doenças emergentes e reemergentes e de produção, desenvolvendo atividades de pesquisa em consonância com os projetos cadastrados no Sistema Embrapa de Gestão (SEG).

Em gestão de pesquisa, a Embrapa alterou a forma de aprovar e gerenciar projetos. Com as mudanças no SEG, a instituição abandonou o modelo focado na produção para abraçar o conceito de inovação. O objetivo foi aproximar ainda mais a Embrapa das cadeias produtivas, fortalecendo o seu compromisso com o provimento de soluções para a agropecuária brasileira. Os tipos de projetos previstos no SEG estão conectados a uma metodologia utilizada desde a década de 1970 pela agência espacial norte-americana, a Nasa, conhecida como *Technology Readiness Level* (TRL). Por essa metodologia, é possível avaliar o nível de maturidade de uma tecnologia ao longo de seu desenvolvimento. A maior parte das instituições no Brasil e no exterior já utiliza essa metodologia, o que facilita a consolidação de parcerias e o diálogo com os agentes produtivos.

Numa continuidade de adequação, o ano de 2018 foi mais um em que a Embrapa Suínos e Aves precisou se adequar ao momento econômico do país. Apesar do contingenciamento de recursos, a gestão da Embrapa Suínos e Aves iniciou uma série de obras no Melhoramento Genético de Suínos. A primeira etapa envolveu a maternidade e, na sequência, a creche. O objetivo foi adequar as granjas, utilizando as estruturas atuais, mas de olho na ampliação da capacidade de produção, facilitando o trabalho da equipe. Além de melhorias no piso para a higienização e manejo, também foram efetuadas mudanças nos comedouros, automatizando o sistema e amenizando o uso da mão de obra. Outra estrutura que recebeu melhorias foi o Laboratório de Análises Físico-Químicas, que também adequou e ampliou salas de pesquisa.

O ano de 2019 foi de atuação com orçamento contingenciado novamente e com quadro de empregados reduzido em razão do Plano de Desligamento Incentivado (PDI), quando foram desligados 22 empregados. Parcerias públicas e privadas foram importantes para que as entregas fossem cumpridas e desafios superados. Isso incluiu a efetivação de projetos e ações, contribuindo com políticas públicas como a regulamentação do recolhimento de animais mortos. Destaca-se também o desenvolvimento e validação de um teste rápido para a detecção e diferenciação dos subtipos do vírus influenza A (IAV) em suínos: o RT-qPCR multiplex, em tempo real. A especificidade analítica da técnica foi de 100%, ou seja, os subtipos e a linhagem viral foram corretamente identificados pelo teste.

A Unidade estabeleceu importante ferramenta de capacitação e transferência de tecnologia no ano de 2019 com o lançamento de dois cursos de educação a distância (EaD). O primeiro treinamento oferecido pela Unidade no portal e-Campo, a vitrine de capacitações on-line da Embrapa, foi sobre o potencial agronômico dos dejetos suínos. Dos 900 inscritos, 351 concluíram o curso (39%), uma taxa considerada normal dentro de cursos a distância. O curso gratuito é voltado principalmente para profissionais das áreas de agronomia, engenharia sanitária e ambiental ou agentes públicos de fiscalização ambiental. O segundo curso lançado foi o de Avaliação e classificação de suínos, carcaças e partes de carcaças, em atendimento à IN nº 79/2018. A proposta do curso foi a de capacitar as equipes de profissionais para entender quais os objetivos da inspeção com base em risco, e qual o papel do profissional neste processo. A base do conteúdo deste curso foi resultado do projeto de pesquisa executado pela Embrapa e Dipoa/Mapa, com colaboração de especialistas de universidades que subsidiaram a modernização dos procedimentos da inspeção sanitária nos frigoríficos de suínos no Brasil.

O ano de 2020 foi de muitos desafios e uma nova maneira de encarar o trabalho e as relações entre instituições públicas e privadas. Apesar do momento desafiador, foi um ano de muitas entregas, mesmo com orçamento contingenciado, quadro de empregados reduzido em função do PDI e a pandemia de covid-19. Os parceiros públicos e privados também foram importantes no apoio e nas realizações, e a equipe inovou na maneira de mostrar nossos resultados à sociedade, adentrando no mundo virtual com força. Exemplo são as inúmeras horas de palestras, lives, eventos técnicos e reuniões que foram realizadas. Um cenário totalmente novo para toda a equipe.

Mesmo assim, as entregas ocorreram. Dentre os desafios à gestão, que se adaptou para atender às demandas de pesquisa, o destaque ficou em práticas sustentáveis e a finalização de importantes reformas na estrutura de experimentos, como um novo local para abrigar o metabolismo de aves. As instalações, que ficavam no Campo Experimental de Aves, foram reformadas para atender aos experimentos dessa área de pesquisa. Nas questões de práticas sustentáveis, a Unidade implementou o plantio de grãos e a reciclagem de nutrientes. Anualmente, uma área é preparada para o plantio de milho, sendo que toda a safra é utilizada na formulação de ração para o plantel de suínos e aves. Em 2020, a área também foi utilizada para o plantio de trigo.

A Embrapa Suínos e Aves focou na contribuição de pesquisa para fortalecer as políticas públicas, a exemplo dos projetos Modernização dos sistemas de inspeção em aves e suínos, Controle do javali e Uso de cereais de inverno na alimentação animal (tema com informações complementares no Capítulo 5).

Também firmou parceria em uma cooperação técnica que possibilitou avaliar a viabilidade da análise com tecnologia infravermelho-próximo (NIR) de aminas biogênicas (AB) em farinhas de origem animal. A análise é feita com a construção de curvas de calibração, utilizando os dados obtidos pela metodologia desenvolvida via cromatografia como padrão de referência. A aplicação da metodologia desenvolvida pela Embrapa possibilita a avaliação in loco e com rapidez (em torno de um minuto) da presença e teor de AB em farinhas de origem animal, sendo um indicativo do frescor de matéria-prima.

Em meio ambiente, a Unidade lançou um software que atendeu às necessidades dos órgãos ambientais e da gestão das propriedades: o Software de Gestão Ambiental da Suinocultura (SGAS). Ele é um conjunto de aplicativos que incluem rotinas de cálculo e subsídios técnicos necessários para a gestão ambiental de granjas de suínos e pode ser utilizado como ferramenta para o licenciamento da suinocultura de acordo com as legislações ambientais estaduais. O SGAS auxilia no licenciamento e pode ser customizado seguindo as legislações de cada estado brasileiro. No Rio Grande do Sul, uma cooperação técnica com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) já possibilitou o uso do SGAS para buscar soluções de gestão ambiental e a articulação do sistema de gestão ambiental da suinocultura, aumentando a integração entre Estado, municípios e setor produtivo. O SGAS também foi apresentado à Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do RS, em Porto Alegre. Em Santa Catarina, técnicos de empresas e de órgãos ambientais foram capacitados por meio do software. No Paraná, por meio da Cooperativa Central Frimesa, e no Mato Grosso, com a Associação dos Criadores de Suínos de Mato Grosso (Acrismat), ações de capacitação de técnicos já iniciaram com o objetivo de estimular a adoção do SGAS. Ambas instituições são financiadoras do projeto.

Em meio ambiente ainda, a equipe do projeto Desenvolvimento de um modelo de gestão ambiental para áreas com produção intensiva de animais no Sul do Brasil (Smart) realizou em parceria com a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina um trabalho de imageamento da sub-bacia do Lajeado São Francisco, no município de Presidente Castello Branco. O levantamento gerou imagens aéreas de altíssima resolução de 1.400 hectares, o que proporcionou à equipe a realização de um mapeamento completo sobre a situação da bacia e como poderiam direcionar os trabalhos junto à comunidade de produtores (sobre SGAS e Projeto Smart há mais informações disponibilizadas no Capítulo 15).

Por sua vez, a inovação se infiltrou de vez no ambiente da Unidade com a realização do primeiro desafio de ideias da avicultura, o InovaAvi – Chocando Ideias. Esse programa garantiu, juntamente com o InovaPork, realizado em 2019, que a Embrapa Suínos e Aves abraçasse com força um programa de inovação

e que contribuiu para aprimorar os resultados entregues pela Unidade. O ano de 2020 foi também marcado por uma grande contribuição ao enfrentamento da pandemia da covid-19, onde a Embrapa Suínos e Aves colocou a estrutura e equipe à disposição para a realização dos diagnósticos moleculares de RT-PCR. O trabalho foi em apoio ao Ministério da Saúde e ao Laboratório Central de Saúde Pública (Lacen-SC) para os diagnósticos da região oeste e extremo oeste de Santa Catarina, num total de 118 municípios.

Só em 2020, de maio a dezembro, foram realizados 24.702 testes moleculares de covid-19. Os testes foram realizados no laboratório NB3, de alta biossegurança, do Complexo de Sanidade e Genética Animal, e envolveu uma equipe formada por 15 profissionais de virologia, imunologia, genética, bacteriologia, patologia e biologia, além de técnicos de laboratório. Também foi contratado um profissional pelo Ministério da Saúde e Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS/OMS) para auxiliar nas atividades. O trabalho foi executado em duas equipes: uma se concentrou na extração de RNA das amostras recebidas e a outra trabalhou com o RT-PCR, em tempo real, para a detecção do genoma do vírus.

O principal desafio de trabalho foi a aquisição de insumos, tanto pela questão de disponibilidade no mercado quanto financeira. Para isso, a Embrapa Suínos e Aves recebeu doações de empresas parceiras e em dinheiro, em conta específica, identificada, via Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (Faped). Todo o processo foi realizado com transparência e a prestação de contas ficou disponível no Portal da Unidade, mostrando que os testes realizados empregaram os insumos e EPIs doados ou adquiridos com o dinheiro das doações ou kits enviados pelo Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos). Para a Embrapa Suínos e Aves, todo esse trabalho de parceria durante a pandemia auxiliou a aprovação de projeto no valor de R$ 3,5 milhões na chamada pública MCTI/Finep/Infraestrutura NB-3. Isso possibilitou à Embrapa continuar o apoio a demandas em saúde animal e humana e ainda aprovar um projeto na Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc) no valor de R$ 49 mil, que financiou uma bolsa de pós-doutorado por 12 meses.

A participação da Embrapa para o enfrentamento da covid-19 também mostrou resultados na pesquisa. A Unidade participou de um experimento com outros centros de pesquisa da Embrapa e instituições que identificaram como promissor o uso de películas à base de detergente para inativar o vírus. No laboratório da Unidade, a aplicação do detergente, acrescido de óleo de cozinha ou de água, dependendo do uso, funcionou eficazmente para inativar o coronavírus aviário CoV. A pesquisa envolveu três centros da Embrapa: Instrumentação e Pecuária Sudeste, localizados em São Carlos (SP), e Suínos e Aves. O estudo também contou com o apoio do Laboratório de Virologia Comparada e Ambiental

da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), no Rio de Janeiro, do Instituto de Zootecnia (IZ), em Nova Odessa, SP, e de uma aluna de doutorado do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (IQSC-USP). Além dos testes, a Unidade também fez contribuições técnicas sobre o tema. Foram publicadas instruções técnicas para a avicultura e para a suinocultura.

Em 2021, a Embrapa Suínos e Aves avançou em pesquisas de impacto a médio e longo prazos, que auxiliarão em políticas públicas, melhoria da produção, avanço do conhecimento e reconhecimento internacional. Entre os destaques de P&D vinculados ao apoio a políticas públicas, a Unidade em parceria com o Mapa entregou o protocolo de modernização para o abate de frango (conforme detalhado no Capítulo 13), aumentando a segurança do processo. Os procedimentos vão de avaliações microbiológicas a atividades supervisionadas por um veterinário. Em meio ambiente, o SGAS entrou como um dos componentes da Renovação Ambiental de Operação e Autorização Ambiental Autodeclaratória para a Suinocultura, parte da IN nº 11. Outra contribuição foi para a pauta de cereais de inverno, onde estudos da Unidade mostraram que o trigo e triticale são os cereais de maior potencial para substituir o milho na alimentação de suínos e de frangos de corte. Os estudos avaliaram ainda a cevada e o arroz.

Em bem-estar animal, Embrapa, Mapa e Esalq entregaram o Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola. A gestão da Embrapa Suínos e Aves apontou ainda as três diretrizes para os anos vindouros, estabeleceu o compromisso de trabalhar com o máximo da capacidade para atuar na vanguarda e antecipar tendências para que as cadeias desenvolvam todo seu potencial produtivo. O propósito visou modelagens preditivas e a agropecuária 4.0, para ter a cadeia produtiva mais próxima da pesquisa e da agroindústria.

Durante o ano de 2022, a gestão da Unidade trabalhou para fortalecer algumas parcerias e concretizar a aproximação com atores importantes na cadeia de aves e suínos. O principal foco foi no suporte às iniciativas de expansão da atuação da Unidade para regiões importantes na produção de suínos e aves. Uma importante iniciativa foi no Oeste do Paraná, com instituições e programas que fomentam a pesquisa e o desenvolvimento daquela região, uma das maiores produtoras de suínos do Brasil. O Biopark e o Programa Oeste em Desenvolvimento (POD) são exemplos dessa parceria, o que gerou articulação para implantação de uma Unidade Mista de Pesquisa e Inovação (Umipi) da Embrapa na região.

Os esforços da área de pesquisa e desenvolvimento foram para garantir uma carteira de projetos competitivos a partir de inovação aberta, onde parcerias com empresas e instituições foram fundamentais. Em pesquisa, a equipe atuou em projeto, com resultados em ativos como no desenvolvimento de um biofármaco à base de bacteriófagos para controle de salmonelas avícolas que

causam contaminação da carne de frango e restrições de mercado e risco à saúde humana e em uma nanovacina para a influenza suína. Ainda, pesquisadores atuaram no estudo de biomassa aquática para uso como matéria-prima na produção de biocombustível, geração de biogás na codigestão de biomassa, produção e isolamento de moléculas bioativas e na suplementação na nutrição animal.

A Embrapa Suínos e Aves, em 2022, tornou-se pioneira na pesquisa com carne de frango cultivada (conforme registrado no Capítulo 20), com a aprovação de projeto para desenvolvimento de um produto que se assemelha ao sassami, na forma de protótipos de filés de peito de frango desossados. Também caracterizada como proteína alternativa, a tecnologia recria tecidos animais em laboratório a partir de células animais, proporcionando carnes análogas aos naturais. Trata-se de uma inovação que atende às atuais tendências de consumo e agregação de valor. A opção de estudo da Embrapa pela carne de frango considerou que esta é uma das proteínas mais versáteis e consumida em todo o país, além de ser um dos alimentos mais completos nutricionalmente, sendo importante para dietas saudáveis. Outra vantagem é o acesso ao banco genético de aves da Embrapa. O projeto conduzido pela Unidade foi aprovado por edital internacional do The Good Food Institute (GFI) e teve a parceria da Universidade de São Paulo (USP).

A área administrativa promoveu avanços importantes no ajuste das estruturas de suporte à pesquisa, às demandas dos projetos e otimizando a gestão financeira de contratos e convênios. Na área de gestão de pessoas, foram criados mecanismos de incentivo ao diálogo e promovidas diversas ações de capacitação. Outra vertente foi o trabalho voltado à sustentabilidade econômica e ambiental da Unidade. Dentre as ações estão a ampliação das áreas de cultivo de cereais, projeto de captação de água da chuva e a instalação de usina fotovoltaica, além de melhorias e renovação de fontes alternativas de fornecimento de água. O cultivo de áreas internas possibilita vantagens, como a redução de custos com aquisição de milho para alimentação do rebanho da Unidade e com roçadas e limpeza. A adubação de base dessa lavoura é feita com uso de dejetos de suínos das granjas do centro de pesquisa, gerando economia pela diminuição dos custos de produção. Além disso, a prática atende aos requisitos de sustentabilidade, uma vez que recicla os nutrientes dos dejetos, evitando danos ambientais.

O ano de 2023 foi marcado pela parceria estratégica da Embrapa com o Biopark e o Biopark Educação, que resultou na assinatura de um acordo de cooperação técnica para a implementação da Umipi Oeste Paranaense. Este empreendimento intensificou os projetos de pesquisa na região, impulsionando o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas agrícolas, especialmente para as cadeias produtivas da suinocultura, da avicultura e da piscicultura. Com a implantação da Umipi, a Embrapa ampliou sua atuação junto ao ecossistema de inovação da região Oeste do Paraná,

prospectando demandas e parcerias em ações de transferência de tecnologia e dando suporte à implementação de projetos de cooperação junto a agroindústrias, cooperativas, associações de produtores, institutos de ciência e tecnologia e órgãos de governo. A Umipi Oeste Paranaense também serviu como um centro de excelência para a transferência de conhecimento e tecnologia. A colaboração entre a Embrapa, o Biopark e o Biopark Educação facilitou o acesso dos produtores locais a informações e recursos essenciais para aprimorar suas operações.

A atuação de pesquisa foi intensa em 2023, com execução de projetos competitivos. As ações da Embrapa envolveram atores de todos os elos da suinocultura e avicultura. Com potencial de mercado, a equipe desenvolveu uma vacina inativada, de um isolado representativo da diversidade genética do Senecavírus A (conforme detalhado no Capítulo 6). Os testes indicaram uma resposta de proteção robusta em suínos com aplicação de duas doses.

A Unidade entregou resultados em apoio a políticas públicas, com reflexo direto na cadeia produtiva, como os subsídios técnicos para elaboração de normativas do Mapa, a exemplo da regulamentação de procedimentos de inspeção com base em risco em abatedouros de aves. Outro trabalho incluiu os estudos econômicos e ambientais de práticas que impactam no uso de antimicrobianos na suinocultura. Para isso, a equipe realizou coletas de campo em 116 granjas de suínos para a avaliação de práticas agropecuárias, uso de antimicrobianos e coleta de amostras biológicas. A equipe também teve papel importante na discussão sobre cereais de inverno na alimentação animal, com realização e participações em discussões técnicas, seminários e webinar.

A prospecção de parcerias e de demandas por projetos foi decisiva para intensificar a atuação da Unidade junto ao setor produtivo. Numa evolução constante, a CIAS passou por adequações de visual e de conteúdo ao longo desses anos. Porém, a maior mudança ocorreu em 2023, quando os custos de produção de suínos nos mercados independentes de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais passaram a integrar o escopo de serviços da Central. São parceiros neste trabalho a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), Acrismat, Associação Goiana de Suinocultores (AGS), Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea).

Um trabalho para atuação na plataforma Ater+ Digital envolveu a equipe na produção de material técnico na forma de textos, áudios e vídeos destinados a técnicos e produtores da suinocultura de pequena escala. Consolidar a administração como o elo estratégico para execução de pesquisas e transferência de tecnologias foi o lema de 2023. Buscou-se modernizar processos, garantindo a evolução sustentável da Unidade, primando pela transparência, gestão participativa e qualidade de vida de todos os empregados e colaboradores. Identificaram-se

desafios e necessidades de investimento para elaboração de projetos estruturantes e estratégicos para execução do PAC Embrapa.

A busca por um protocolo de sustentabilidade para a suinocultura brasileira foi um tema estabelecido em 2024 e se tornou uma das prioridades da equipe de gestão e de pesquisa da Embrapa Suínos e Aves. Por meio do Programa Inova, a Unidade iniciou a construção de um projeto voltado para essa temática e um alinhamento com o setor produtivo. Uma das primeiras discussões ocorreu em junho, durante o seminário realizado para debater a sustentabilidade da cadeia produtiva de proteína animal, que reuniu na sede da Unidade especialistas de diversas áreas. A partir disso, o Projeto suinocultura sustentável do Brasil (SUSBra) foi apresentado a representantes do setor produtivo para que uma proposta coletiva fosse estruturada. Participaram das discussões representantes da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) e da ABCS.

Nas ações junto à Umipi, a Embrapa Suínos e Aves e Biopark oficializaram um acordo de parceria para a criação, estruturação e implantação de um laboratório de referência em análise de águas e efluentes. Para a instalação do laboratório, junto ao Biopark, em Toledo (PR), a Embrapa Suínos e Aves ficou com a responsabilidade técnica e durante todo o ano atuou executando as três etapas previstas no acordo: concepção do projeto, estruturação e implantação do laboratório. O principal impacto do acordo foi a disponibilização de uma infraestrutura completa e de referência para o desenvolvimento de projetos de pesquisa com foco no reúso de águas para a produção agroindustrial. Essa infraestrutura impulsionará o desenvolvimento de novas soluções e políticas públicas voltadas para a melhor utilização de recursos hídricos.

A Embrapa mobilizou em 2024 as Unidades do Sul para a implementação da plataforma para mitigação de efeitos climáticos adversos na agropecuária da região Sul do Brasil para o enfrentamento das consequências das enchentes e das mudanças climáticas. A proposta acabou sendo direcionada à recuperação do Rio Grande do Sul, em função das enchentes e da crise climática ocorrida no ano anterior, dando origem à iniciativa Recupera Rural RS. A Embrapa Suínos e Aves fez parte dessa iniciativa e envolveu uma equipe de pesquisa e de transferência de tecnologia para atuação. O foco da Unidade foi na temática da água, com ações de mapeamento, coleta de amostras, diagnóstico de qualidade e indicação de recuperação de padrões. Porém, outras atividades foram alinhadas ao conceito de saúde única, como um estudo comparativo do risco de exposição das populações (humana e animal) devido ao consumo de água contaminada por patógenos, bem como o estudo comparativo de zoonoses e diagnóstico de situação e caracterização de linhas-base para a recuperação e monitoramento sanitário e biossegurança de criações de animais de base familiar. Um dos trabalhos que a Unidade realizou

em 2024 foi a participação em um levantamento a campo, junto com as demais Unidades do Sul, que serviu de base para a tomada de decisões de investimento e reestruturação para suporte de recuperação de propriedades naquele estado.

Um trabalho intenso, especialmente de transferência de tecnologia, foi na discussão de assuntos de interesse e impacto na produção de suínos em Santa Catarina. Em parceria com a Epagri e apoio da ACCS, a Unidade realizou seminários em regiões distintas do estado de Santa Catarina, contemplando 470 pessoas. A principal temática foi a de tecnologias para o destino e tratamento de resíduos da produção animal, com foco na destinação de animais mortos não abatidos.

A CIAS passou por uma nova atualização em 2024, com a seção de estatísticas reorganizada e os dados referentes à produção de suínos, frangos de corte e ovos de consumo devidamente atualizados. Um infográfico inicial apresentou os principais indicadores do ano anterior, incluindo dados sobre abates, produção, exportações, quantidade disponível no mercado interno e consumo per capita. Além disso, foram disponibilizados gráficos com a série histórica dos últimos 10 anos para esses indicadores, bem como informações sobre a evolução do rebanho, participação do Brasil no cenário internacional, valor bruto da produção e número de empregos formais. Gráficos também abordaram a participação dos principais países produtores, exportadores e importadores de ovos e carnes de frango e suínos. Outro destaque foi a disponibilização de dados selecionados sobre os custos mundiais de suínos, divulgados durante a reunião anual do Grupo para Comparação dos Custos de Produção na Suinocultura (InterPIG).

A Embrapa Suínos e Aves, por meio de cooperação técnica com a Cooperativa Central Frimesa e parceria com a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar), iniciou ainda um trabalho para validação de aplicativo, baseado em modelo multicritério, para avaliação de biosseguridade em granjas de suínos. O trabalho está sendo realizado no Paraná e, após validação, será disponibilizado para os demais estados.

Comunicação e transferência levam entregas à sociedade

A maneira como a Embrapa Suínos e Aves se relaciona com o público, externo ou mesmo interno, passa por estratégias de comunicação e de transferência de tecnologia que dão suporte aos resultados e entregas de pesquisa. Cada produto ou serviço passa por um processo de qualificação, considerando público, objetivos e impacto. As ações de comunicação incluem o atendimento de imprensa, técnicos, produtores e alunos, além da participação e realização de feiras e eventos, consultorias técnicas, palestras e produtos específicos (vídeos, folders, publicações e mídias sociais).

Produção científica organizada e acessível por meio do CLP

Em termos de produção científica, em 2010 o Comitê Local de Publicações (CLP) passou a ser gerenciado por um software que permitiu um controle mais eficaz das informações colocadas à disposição do público. O trabalho do CLP é fundamental para que os conteúdos disponibilizados pela Unidade, nos mais diversos formatos, apresentem a relevância e qualidade necessárias para que cheguem às cadeias produtivas de suínos e aves. Ainda neste ano, a Embrapa apresentou uma nova fonte de informações na internet: a Árvore do Conhecimento Suínos, vinculada à Agência de Informação Embrapa. A ferramenta foi desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves em parceria com a Embrapa Informação Tecnológica (Brasília, DF) e a Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP). Os conteúdos sobre suinocultura foram disponibilizados para livre consulta de produtores, empresários, pesquisadores, estudantes e demais interessados em dados atualizados e confiáveis. O conteúdo abrangeu manejo, genética, proteção ambiental, nutrição, sanidade e gestão da unidade produtiva. O material, organizado em documentos e recursos multimídia, foi a estratégia da Embrapa Suínos e Aves para reunir conhecimento gerado na Unidade e transformá-lo em um material de fácil acesso, abrangendo todo o processo da cadeia produtiva. Em 2013, foi a vez de disponibilizar a Árvore do Conhecimento do Frango de Corte, nos mesmos moldes que a de suínos.

Em 2010, outro canal de comunicação com públicos de interesse da Embrapa Suínos e Aves foi reformulado. No segundo semestre, uma nova versão da página eletrônica da Unidade foi disponibilizada e facilitou a vida de quem procura informações sobre suínos e aves pela internet. Novo visual, conteúdo organizado, interatividade e informações em inglês foram as principais novidades do portal na época. Porém, a mudança mais importante foi na organização do conteúdo. Seguindo a tendência de estar cada vez mais conectada com a sociedade, a Embrapa vem reformulando e ajustando seu portal na internet e, em 2023, apresentou um novo visual e novas ferramentas, deixando a página mais moderna e funcional.

A comunicação científica é promovida de diversas maneiras na Embrapa e para diversos públicos. Exemplo disso é a Jornada de Iniciação Científica (Jinc), realizada desde 2007 em parceria com a Universidade do Contestado (UNC) e o Instituto Federal Catarinense (IFC). Do formato presencial de apresentação de trabalhos oral e em pôster, ela também se adaptou e vem sendo promovida de maneira on-line desde 2020. Todos os anais estão disponíveis no portal da Embrapa Suínos e Aves.

Com o objetivo de aprimorar a conexão entre os conteúdos produzidos pelos especialistas da Unidade e seus diversos públicos, a Embrapa Suínos e Aves lançou em junho de 2022 a Embrapateca. No formato on-line, a publicação foi

dividida em três seções: Seleção Embrapa, Destaques da Estante e Ciência Agora. A seção Seleção Embrapa é destinada a assuntos específicos com indicação de materiais como livros, manuais, vídeos ou entrevistas. Já a seção Ciência Agora aborda a produção científica da Unidade. Os Destaques da Estante são as mais recentes publicações da Embrapa, desde cursos e vídeos até publicações. Em março de 2025, a Embrapateca foi reformulada e passou a ser uma edição mais voltada à divulgação de publicações técnicas e científicas de maneira mais ampla e com periodicidade mensal.

Transferência de Tecnologia voltada para parcerias e capacitação

A área de transferência de tecnologia da Embrapa Suínos e Aves atua com o propósito de levar a produção científica e técnica para públicos diversos, numa estratégia que envolve parcerias, capacitações, consultorias, promoção de dias de campo, palestras, unidades demonstrativas e realização de eventos técnicos. Para isso, tem como base de trabalho o gerenciamento de ativos tecnológicos, com a qualificação e monitoramento.

O trabalho em projetos específicos de transferência de tecnologia foram destaque entre os anos de 2010 e 2021 e envolveu parcerias no desenvolvimento de boas práticas, publicações e eventos. Com a Cooperativa Central Aurora, a equipe atuou em dois grandes projetos: Leitão ideal e Frango Aurora, ambos voltados à adoção de boas práticas na propriedade. Em parceria com a Marfrig Group, atuou no Programa Qualisui, voltado ao controle da salmonela em granjas por meio de ações e estratégias de comunicação. Outros destaques foram o BPP Ovos, o TT Carne Suína Segura sem Antimicrobianos, o TT BiogásFert e o TT Ovos Pequena Escala PR.

A Transferência de Tecnologia tem atuado junto à Rede de Assistência Técnica (Ater), especialmente com ações de capacitação voltadas à pequena produção, seja de aves ou de suínos. Tem presença constante em diversas regiões do Brasil, atendendo associações de produtores e instituições de extensão rural. Entre trabalhos voltados a este público estão também a disponibilização, em parceria, de um aplicativo voltado à produção de pequena escala para a avicultura e a suinocultura: o Maneje Bem. A produção de conteúdo para capacitações também tem ganhado espaço no trabalho de transferência de tecnologia e comunicação. Na plataforma e-Campo, espaço de capacitação on-line da Embrapa, a Unidade produziu 12 cursos, com mais de 48 mil inscritos desde 2019. Até o final de 2025, a Unidade tem previsão de inserção de mais um curso na plataforma.

No ano de 2024, a Embrapa Suínos e Aves lançou dois hubs que integraram a plataforma Ater+ Digital. O trabalho ocorreu por meio da aprovação de um TED

junto aos ministérios do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA) e Agricultura e Pecuária (Mapa). Os hubs são espaços virtuais, acessíveis por smartphones e computadores, com o objetivo de fornecer acesso rápido e simples a informações de produtos. A primeira entrega foi o de suínos, com informações sobre a produção em pequena escala, num conteúdo organizado em seis menus com vídeos, publicações, podcasts e sites para atender às necessidades de comunicação do público-alvo. O hub Suínos oferece dados sobre criação, alimentação, gestão ambiental e prevenção de doenças. A segunda entrega para a plataforma Ater+ Digital foi o hub de frangos de corte, que oferece informações sobre produção em pequena escala, manejo, alimentação, controle de pragas, limpeza e desinfecção. O espaço virtual disponibilizou vídeos explicativos, infográficos e documentos técnicos com orientações práticas para melhorar a eficiência e a sustentabilidade na criação.

Comunicação para todos os públicos de interesse da Embrapa

A comunicação da Embrapa Suínos e Aves tem papel importante na disseminação de informações para diversos públicos, atuando em conjunto com as áreas técnicas e de transferência de tecnologia. A principal estratégia é a de produção de conteúdos adaptados aos públicos e suas necessidades. Essa produção inclui matérias jornalísticas, relatórios de atividades, vídeos, programas de rádio e televisão e campanhas de comunicação em mídias sociais, além de outros materiais.

Na imprensa, de 2010 a 2024, a Unidade contabilizou 20.824 inserções. Já em mídias sociais, a Embrapa Suínos e Aves tem 13.262 seguidores no canal do Facebook, 5.864 no Instagram e 15.794 no LinkedIn. Outro público que tem a atenção da Embrapa Suínos e Aves é o de alunos de ensino fundamental e médio, atendidos pelo Programa Embrapa & Escola por meio de palestras e do Dia de Campo da Ciência, que em 2024 realizou a 10ª edição. De 2010 até 2024, mais de 25 mil alunos passaram pelo programa da Embrapa.

Nos últimos 15 anos, as estratégias de relacionamento e de entregas foi sendo ajustada de acordo com os cenários da suinocultura e avicultura e com as necessidades dos públicos de interesse. O maior impacto ocorreu entre os anos de 2020 e 2021, quando a comunicação precisou se voltar para algo mais dinâmico e virtual e permeou todas as instâncias das organizações. Na Embrapa não foi diferente e muitas ações foram reorganizadas e ganharam novos formatos. A produção de conteúdo para plataformas digitais ganhou prioridade e a Unidade, em quatro anos, fez 119 transmissões on-line, num total de 289 horas. Foram produzidos quase 600 vídeos neste período, disponibilizados em diferentes plataformas.

A participação em feiras e eventos do setor continuaram na programação e, em média, por ano, a Embrapa Suínos e Aves esteve presente em oito deles, além da participação de pesquisadores em eventos de programação técnica. O Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC) é um instrumento importante para a programação de pesquisa e de transferência de tecnologia, pois a partir das principais demandas dos clientes, a Unidade pode projetar e avaliar ações de pesquisa. Nos últimos anos, foram mais de 35 mil demandas atendidas.

Cooperação internacional: atuação constante e ampla

A Embrapa Suínos e Aves intensificou sua atuação internacional na última década e meia. Em média, a Unidade desenvolveu oito ações por ano envolvendo instituições de ciência e tecnologia, empresas privadas, organizações não-governamentais, órgãos reguladores ou pesquisadores autônomos de outros países. Entre as ações internacionais operacionalizadas pela Embrapa Suínos e Aves entre 2010 e 2025 estiveram acordos de cooperação técnica, projetos de pesquisa, apoio ao desenvolvimento das produções de aves, suínos e ovos em países africanos e participações em eventos promovidos por organismos mundiais como representante do Brasil, a exemplo da Organização Mundial da Saúde Animal (OMSA).

Uma das interações internacionais mais profícuas da Unidade desde 2010 foi com a África. A Embrapa Suínos e Aves atuou em conjunto com instituições de ciência e tecnologia do Zimbábue, Nigéria, Etiópia, África do Sul e Zâmbia. Na Etiópia, pesquisadores da Unidade, em parceria com o Ethiopian Institute of Agricultural Research (EIAR), desenvolveram a partir de 2012 um projeto para introduzir boas práticas de produção e melhorar processos industriais na suinocultura local. Já em 2014, dois pesquisadores nigerianos fizeram um treinamento na Unidade dentro do projeto Caracterização genética de galinhas de raças localmente adaptadas da Nigéria e do Brasil.

A cooperação com países da América do Sul também foi significativa nos últimos 15 anos. Exemplos dessa relação próxima com vizinhos latino-americanos são a Cooperação Brasil-Colômbia (realizada em 2013 e focada na área de sanidade animal), a visita de uma comitiva chilena composta por produtores e empresários da área de suínos (ocorrida em 2016 e também voltada a discussões sobre sanidade animal) e a interação com prefeitos, empresários e produtores argentinos e paraguaios interessados no reprodutor suíno da Embrapa, o MS115 (visita técnica realizada em 2019).

Os vínculos da Unidade com a Europa, Estados Unidos, Canadá e Japão também se fortaleceram na última década e meia. Na Europa, a Unidade desenvolveu ações com instituições de ciência e tecnologia, empresas privadas ou

produtores da Itália, Dinamarca, Holanda, Espanha, França, Portugal, Inglaterra e Áustria. Com os Estados Unidos, a Unidade desenvolveu projetos em conjunto com o ARS/USDA (serviço de pesquisa ligado ao Departamento de Agricultura norte-americano) e com universidades (como a Universidade da Califórnia - Davis, a Universidade Virginia Tech e a Universidade do Estado de Iowa). Com o Canadá, a Unidade manteve interação especialmente na área de bem-estar animal em suínos. Em relação ao Japão, a Unidade colaborou em ações que visaram aproximar a suinocultura e avicultura brasileiras do mercado daquele país. Em 2017, por exemplo, uma comitiva ligada ao Ministério da Agricultura japonês esteve na Embrapa para discutir avicultura de postura, bem-estar animal e produtos orgânicos.

Também se destacaram na área de relações internacionais os profissionais da Unidade que atuaram em estruturas da Embrapa no exterior entre 2010 e 2025. Por exemplo, o pesquisador Gilberto Schmidt coordenou o Labex (Laboratório da Embrapa no Exterior) Coreia do Sul entre 2011 e 2014. No período, foram prospectadas ações de pesquisa e desenvolvimento em parceria com os coreanos e outros países asiáticos. Outros quatro pesquisadores da Unidade fizeram pós-doutorado nos Estados Unidos nos últimos 15 anos. Além disso, um pesquisador e um analista da Embrapa Suínos e Aves cursaram doutorado na Europa (Holanda) no mesmo período.

A participação internacional da Embrapa Suínos e Aves se dá também por meio da atuação de pesquisadores em grupos de trabalho e em comitês. Desde 2008, a Embrapa representa o Brasil na rede InterPIG, que envolve instituições de pesquisa, associações de representação, órgãos públicos e empresas de consultoria dos principais países produtores de carne suína. Em 2015, o encontro foi realizado no Brasil sob coordenação da Embrapa Suínos e Aves.

Outro trabalho internacional ocorre junto à Organização Mundial da Saúde Animal (OMSA), antes denominada como OIE. Pesquisadores fazem parte de distintos comitês e grupos de trabalho, como o Network of Expertise on Animal Influenza (OFFLU), da OMSA/FAO, uma rede global de especialistas em influenza animal, e do Painel de Especialistas de Alto Nível do One Health (OHHLEP), grupo consultivo científico e estratégico das organizações quadripartites da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a OMSA - em sua colaboração no One Health.

Em 2016, a Embrapa atuou como ponto focal para animais silvestres junto à OMSA. De 2018 a 2023, a Unidade teve representação no Joint FAO/WHO Expert Meeting on Microbiological Risk Assessment (JEMRA), um grupo internacional de especialistas administrado conjuntamente pela FAO e pela OMSA e que fornece aconselhamento científico sobre riscos microbiológicos, incluindo assessoria espe-

cializada sobre opções de gestão de risco para melhorar a segurança alimentar. Outra participação da equipe técnica é no Grupo de Trabalho em Resistência aos Antimicrobianos da OMSA e do Comitê do Codex Alimentarius para a América Latina e Caribe (CCLAC) na Força Tarefa Codex Alimentarius em Resistência aos Antimicrobianos. Em fevereiro de 2025, a Embrapa Suínos e Aves recebeu ainda uma comitiva da Federación Nacional de Avicultores da Colômbia, com interesse na gestão de resíduos da avicultura.

Programa para promover a inovação aberta na Unidade

A Embrapa Suínos e Aves sempre teve o fomento da inovação como um dos seus horizontes. No entanto, a partir de 2019, a Unidade criou um programa para fomentar a inovação aberta (ação na qual atores públicos e privados colaboram trocando informações, conhecimentos e estruturas para potencializar processos de inovação tecnológica). Foi assim que surgiu o InovaPork 2019, primeiro desafio de soluções da suinocultura brasileira. O evento aconteceu em três etapas distintas. A primeira delas foi a inscrição das equipes e soluções. Nessa fase, as equipes apresentaram suas ideias a partir da identificação de um problema da suinocultura, descrição da solução, diferencial da proposta, grau de maturidade e análise de mercado. Ao final da primeira etapa, 46 ideias foram homologadas.

Na segunda etapa, uma comissão julgadora composta por 90 especialistas classificou 10 soluções das 46 iniciais. Na terceira etapa, os finalistas participaram entre os dias 31 de maio e 2 de junho de um evento presencial na sede da Embrapa Suínos e Aves. As 10 equipes receberam mentoria de pesquisadores da Unidade e profissionais convidados para aprimorar as soluções classificadas. Após a apresentação oficial de cada proposta, uma comissão julgadora liderada pela Embrapa elegeu as três melhores com base nos critérios de impacto econômico, visão de futuro, desenvolvimento e execução da proposta.

O primeiro lugar do InovaPork ficou com a Kemia, empresa de Chapecó, SC, com a proposta Tecnologia verde de eletrofloculação e eletro-oxidação para o tratamento de águas residuárias. A TransPork/LebenLog, de Londrina, PR, ficou em segundo, com a solução Monitoramento e rastreabilidade no transporte de suínos da granja ao frigorífico. O terceiro lugar foi concedido a B.Tools, de Videira, SC, que concorreu com a proposta Solução para inseminação artificial de precisão - Agro 4.0.

A segunda edição do programa de inovação aberta da Embrapa Suínos e Aves aconteceu em 2020 e se chamou InovaAvi. Ele seguiu a mesma metodologia do InovaPork, mas focou somente em soluções para a avicultura. 36 soluções foram homologadas pela Comissão Julgadora do programa e os 10 finalistas participaram de um evento virtual no dia 8 de outubro. A equipe

vencedora do InovaAvi foi formada por Mahuan Capeletto Abdala, Cleber dos Santos Medeiros da Silva, Bruno Zwierewicz e Lucas Hübner, de Foz do Iguaçu, PR. Eles apresentaram a solução Stac Robot - Robô autônomo multi propósito para avicultura. A mesma equipe também levou o segundo lugar com a solução AveStac Pro - Solução para gestão de aviários. Em terceiro lugar ficou a equipe de Goiânia, GO, formada por Wagner de Barros Neto, Bruno Ferreira de Sousa, Pedro Magalhães Sobrinho e Jaderson Gonçalves. Eles apresentaram a solução IndustryCare - monitoramento em tempo real de máquinas e processos.

Em 2021, o InovaPork e o InovaAvi transformaram-se em um único evento de inovação aberta e surgiu o Programa Inova - fuçar, chocar, inovar (Figura 1.2). Assim, o programa passou a aceitar ideias para a avicultura e suinocultura ao mesmo tempo. O programa recebeu 32 propostas e homologou 25 (14 para suinocultura e 11 para avicultura). Depois, cinco propostas para suínos e cinco para aves foram classificadas para a fase final, realizada nos dias 20, 27, 28 e 29 de outubro por meio de um evento virtual no YouTube. Antes da escolha das melhores propostas, os 10 finalistas percorreram a "trilha da inovação", metodologia que procurou refinar as ideias finalistas.

Os vencedores do Programa Inova foram divididos em duas categorias. Na categoria suinocultura, o primeiro lugar ficou com a equipe Roboagro, de Caxias do Sul, RS, com a solução Robotização inteligente 4.0 na suinocultura de precisão. Em segundo ficou a proposta SU-MAX - Suplemento mineral à base de aminoácidos para incremento de produtividade com benefícios diretos na redução da contaminação ambiental por dejetos suínos, da equipe Agros Nutrition, de Tijucas, SC. A terceira colocada foi a equipe SmartPIXEL, de Joaçaba, SC, com a proposta PigScale - Pesagem automatizada de suínos através de visão computacional e inteligência artificial.

Na categoria avicultura, o primeiro colocado foi a equipe da QualyFull Sistemas, de Florianópolis, SC, com a proposta Solução Tecnológica para o Autocontrole Digital Agro 5.0. A equipe da Cooltivando Consultoria Ltda, de São José dos Pinhais, PR, ficou com o segundo lugar com a proposta Cooltivando Vida. A Ecotrace Solutions, de Vinhedo, SP, levou o terceiro lugar com a proposta IA para Frangos. Nas três primeiras edições do programa de inovação aberta da Embrapa Suínos e Aves, as melhores propostas foram premiadas com o acesso a iniciativas de inovação da Embrapa (como o programa Pontes para Inovação) e a cursos de capacitação em suinocultura e avicultura.

Em 2023, o Programa Inova se reposicionou dentro dos ecossistemas de inovação associados à avicultura e suinocultura a passou a fomentar a construção de projetos de inovação aberta. O reposicionamento do Inova ocorreu por meio do lançamento de um edital público para selecionar empreendedores

Foto: Monalisa Leal Pereira

Figura 1.2. Na edição de 2023, o Programa Inova selecionou 22 propostas para a fase de elaboração de projetos. Cinco delas já vislumbram entregas.

interessados em trabalhar em conjunto com a Embrapa na geração de soluções tecnológicas vinculadas a 13 oportunidades de inovação. No total, 39 propostas foram apresentadas e 22 delas acabaram selecionadas para a fase de projetos. Equipes formadas por pesquisadores da Embrapa e profissionais dos proponentes selecionados trabalharam em conjunto para cumprir a metodologia de construção de projetos do Inova entre novembro de 2023 e maio de 2024.

Das 22 propostas que iniciaram a fase de projetos, cinco se transformaram em contratos de cooperação técnica e vão desenvolver as seguintes inovações num horizonte máximo de três anos, a contar de 2025: (1) Cobertura flutuante para esterqueiras que tratam dejetos suínos; (2) Desenvolvimento de alternativa a promotores de crescimento para leitões à base do extrato pirolenhoso; (3) Desenvolvimento de um equipamento para automação da classificação de carcaças em linhas de abate de frigoríficos de suínos; (4) Desenvolvimento de teste de diagnóstico molecular de bronquite infecciosa das galinhas através da utilização da tecnologia de amplificação isotérmica mediada por loop (LAMP); e, (5) Desenvolvimento de plataforma vacinal e diagnóstica contra a infecção por *Streptococcus suis*. No total, o Programa Inova 2023/2024 captou R$ 947.542,00 em recursos financeiros até o final de 2024.

Literatura recomendada

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Relatório de atividades 2010**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 142).

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Relatório de atividades 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 22 p (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 151).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2015**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 177).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de atividades 2016**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 184).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2017**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 191).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2018**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 201).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2019**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 209).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2020**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 220).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2020**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 220).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2021**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 20 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 226).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2022**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 20 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 242).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2023**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 20 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 246).

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S.; VILAS-BOAS, J. **Relatório de atividades 2014**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 172).

VILAS-BOAS, J.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2012**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 158).

VILAS-BOAS, J.; SILVA, L. C. da. **Relatório de atividades 2013**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 22 p. (Embrapa suínos e aves. Documentos, 163).

VILAS-BOAS, J.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (ed.). **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 470 p.

CAPÍTULO 2

O desenvolvimento da avicultura e da suinocultura nos últimos 50 anos

Marcelo Miele, Dirceu João Duarte Talamini, Franco Müller Martins e Ari Jarbas Sandi

O desenvolvimento da avicultura e da suinocultura nos últimos 50 anos

A avicultura e a suinocultura estão entre as principais atividades agropecuárias no Brasil. As cadeias produtivas das carnes de frango e suína e de ovos viabilizam o abastecimento do crescente consumo doméstico com produtos de qualidade e preços acessíveis. Ao mesmo tempo, conquistam crescente protagonismo na produção e no comércio internacional, competindo nos mercados mais exigentes. O presente texto tem por objetivo caracterizar a evolução da avicultura e da suinocultura brasileiras desde o ano de 1975, quando foi criada a Embrapa Suínos e Aves em Concórdia (SC), até o seu aniversário de 50 anos, em 2025. Essas atividades apresentaram uma trajetória de sucesso, baseada em rápida e contínua adoção de inovações tecnológicas, em forte empreendedorismo, trabalho, dedicação e organização, tendo sinergia com os diversos segmentos da sociedade, incluindo o Estado no que se refere às políticas públicas.

A avicultura e a suinocultura pelo mundo

A avicultura é a principal fonte de proteína animal no mundo, com um consumo per capita anual de 17 kg de carne de frango e de 10 kg de ovos de galinhas, respondendo por 39% (24 e 15%) do consumo de proteína animal considerando carnes, peixes e ovos. Em 2023, a produção global de carne de frango chegou a mais de 126 milhões de toneladas e a de ovos de galinha a mais de 144 bilhões

de dúzias (ou 91 milhões de toneladas) (FAO, 2023). No ano anterior, o valor bruto da produção avícola representava 8% (5 e 3%) do valor da produção global de alimentos, chegando a 247 bilhões de dólares na avicultura de corte e 147 bilhões de dólares na de postura (FAO, 2023). A criação de frangos se concentra nos Estados Unidos (EUA), Brasil, China e na União Europeia (UE) com volumes superiores a 10 milhões de toneladas, enquanto que a criação de galinhas poedeiras se concentra na China, Índia, EUA, Indonésia e UE com produção superior a 8 bilhões de dúzias de ovos (Figura 2.1 e Figura 2.2).

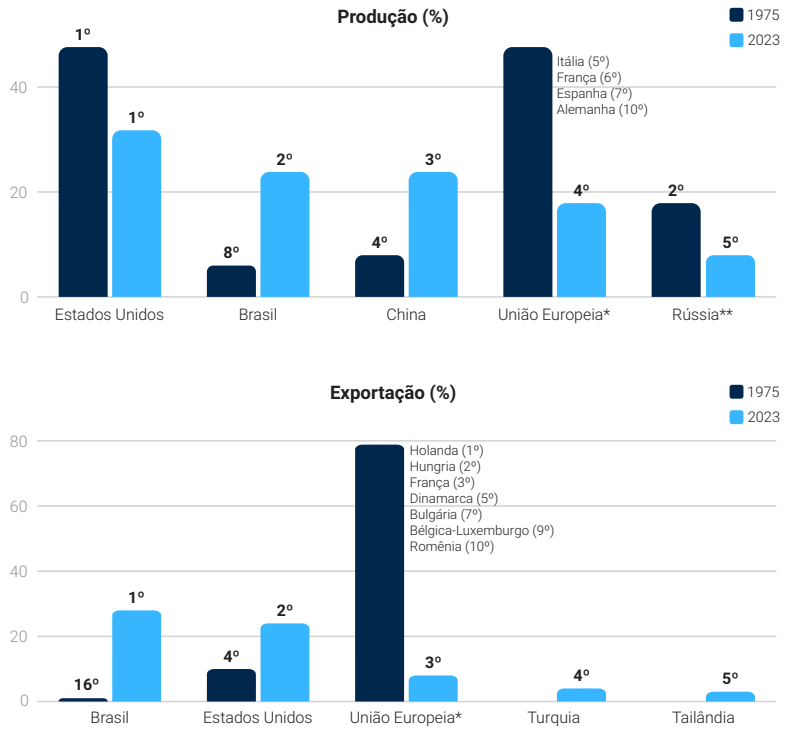

Figura 2.1. Cinco principais países produtores e exportadores de carne de frango em 2023 e respectiva posição em 1975, em percentual do volume.

*Os 27 Estados-membros da União Europeia (UE) foram agrupados em 1975 para fins de comparação. As exportações dos países da UE em 1975 incluem o comércio intra-bloco, enquanto que as exportações da UE em 2023 incluem apenas o comércio extra-bloco.

**Em 1975, a produção é da extinta União Soviética (URSS), da qual a Rússia fazia parte com dois terços da produção. Em 2023, a produção refere-se apenas à Rússia.

Fonte: FAO (2023).

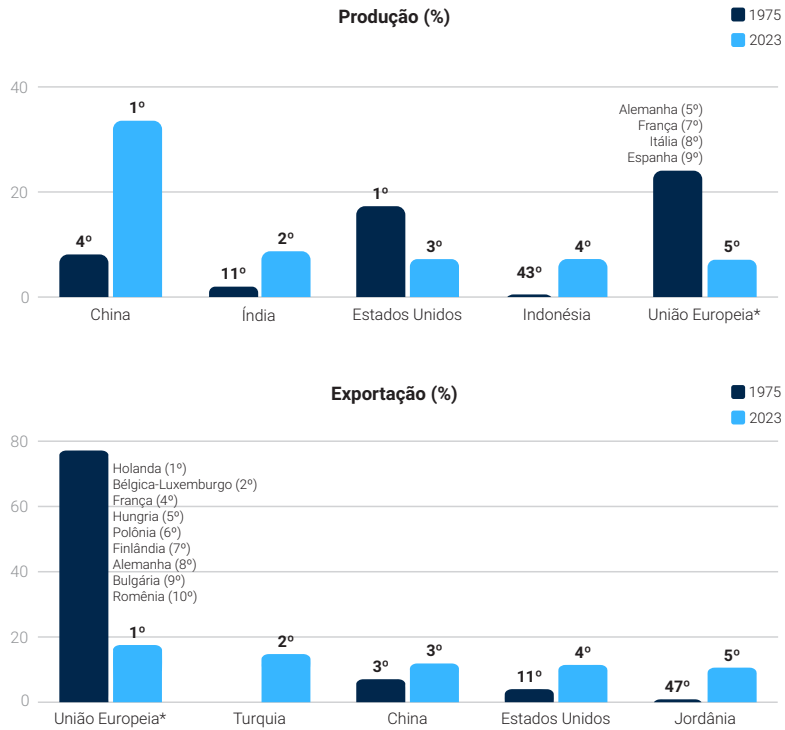

Figura 2.2. Cinco principais países produtores e exportadores de ovos em 2023 e respectiva posição em 1975, em percentual do volume.

*Os 27 Estados-membros da União Europeia (UE) foram agrupados em 1975 para fins de comparação. As exportações dos países da UE em 1975 incluem o comércio intra-bloco, enquanto que as exportações da UE em 2023 incluem apenas o comércio extra-bloco.

Fonte: FAO (2023).

O comércio internacional, por sua vez, movimentou 15 milhões de toneladas de carne de frango, com valor de 30 bilhões de dólares, e 2,6 milhões de toneladas de ovos (em casca, secos ou líquidos) com valor de 7 bilhões de dólares (inclui o comércio intra-UE). Estes volumes representaram 2,3% (1,8 e 0,5%) do comércio global de alimentos em 2023 (FAO, 2023). Os principais compradores são os países do Leste Asiático, do Oriente Médio, México, Reino Unido, UE e África do Sul, com volumes superiores a 300 mil toneladas anuais de carne de frango e 30 mil toneladas de ovos. As exportações de carne de frango se concentram em dois países, com Brasil e EUA sendo responsáveis, em 2023, por 67% dos embarques, com volumes superiores a 3 milhões de toneladas anuais, seguidos

pela UE. Os principais exportadores de ovos são a UE, Turquia, China, EUA e Jordânia, responsáveis, em 2023, por 66% das exportações mundiais, com volumes superiores a 100 mil toneladas anuais. Na UE, Polônia, Holanda, Alemanha e Espanha são os maiores exportadores de carne de frango e de ovos para fora do bloco europeu (FAO, 2023).

Nos últimos 50 anos, o mundo passou por importantes transformações, muitas das quais refletiram em mudanças na dinâmica da avicultura. Ao longo de todo esse período, os EUA se mantiveram como o maior produtor e sempre ocupando as primeiras posições entre os maiores exportadores de carne de frango. O país também sempre ocupou posições de liderança na produção e exportação de ovos. Entretanto, o grande destaque na avicultura foi o Brasil, que passou de 8º para 2º maior produtor e de 16º para líder mundial em exportações de carne de frango ainda no início do século XXI. Neste período, também cabe destacar a evolução da avicultura da China, que cresceu o dobro da média global, acompanhando a ascensão do país à posição de segunda maior economia do mundo. Atualmente, a China ocupa, ao lado do Brasil, o segundo lugar entre os maiores produtores de carne de frango e a primeira posição na produção de ovos, além de ter papel de destaque no comércio internacional desses dois produtos. O bloco europeu, por sua vez, mesmo com crescimento abaixo da média mundial no período, consolidou-se como o quarto maior produtor de carne de frango e maior exportador de ovos. Este fortalecimento decorre, principalmente, do processo de unificação com a fundação da UE em 1993 e seu alargamento para os atuais 27 estados-membros, que criou um mercado único para a avicultura de importantes países.

A carne suína é a segunda fonte de proteína animal mais importante no mundo, com um consumo per capita anual de 15 kg, respondendo por 34% do consumo de carnes e 22% do consumo de proteína animal considerando carnes, peixes e ovos. Em 2023, a produção global de carne suína chegou a mais de 124 milhões de toneladas, além de 19 milhões de toneladas de miudezas e banha. No ano anterior, o valor bruto da produção chegou a 352 bilhões de dólares, equivalente a 7% do valor da produção global de alimentos. A criação de suínos se concentra na China, com quase metade da produção mundial, na UE e nos EUA, seguidos de Brasil, Rússia, Vietnã e Canadá com volumes superiores a 2 milhões de toneladas (Figura 2.3). O comércio internacional, por sua vez, movimentou 15 milhões de toneladas com valor de mais de 46 bilhões de dólares (inclui o comércio intra-UE), equivalente a 2,8% do comércio global de alimentos (FAO, 2023). As importações se concentram em grandes compradores do Leste Asiático (China e Hong Kong, Japão, Coreia do Sul e Filipinas), México e Reino Unido, com volumes superiores a 300 mil toneladas anuais. As exportações são ainda mais concentradas, com EUA,

UE, Brasil e Canadá responsáveis, em 2023, por 91% dos embarques, com volumes superiores a 1 milhão de toneladas anuais (FAO, 2023). Na UE, Espanha, Holanda e Dinamarca são os maiores exportadores para fora do bloco europeu.

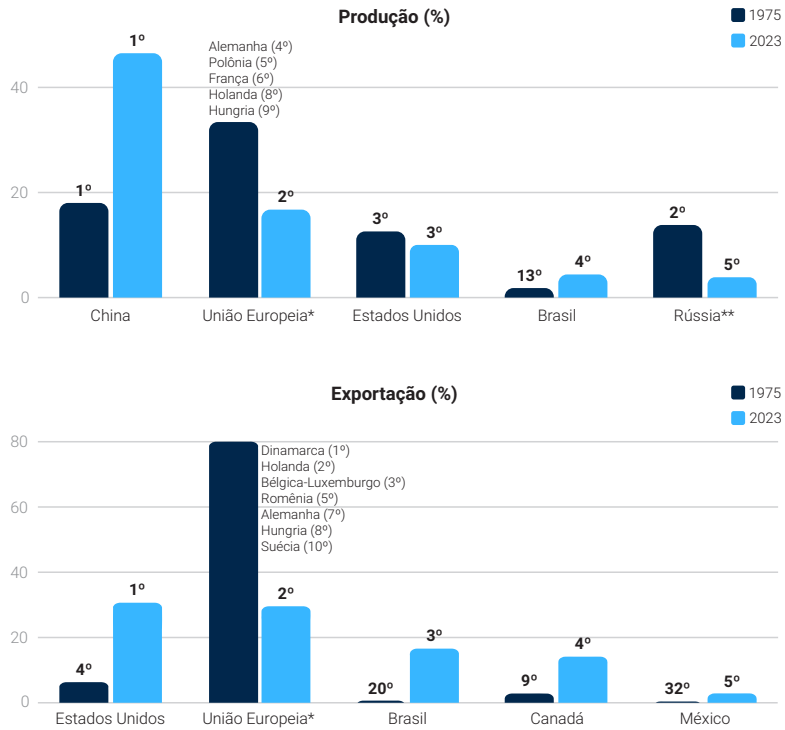

Figura 2.3. Cinco principais países produtores e exportadores de carne suína em 2023 e respectiva posição em 1975, em percentual do volume.

*Os 27 Estados-membros da União Europeia (UE) foram agrupados em 1975 para fins de comparação. As exportações dos países da UE em 1975 incluem o comércio intra-bloco, enquanto que as exportações da UE em 2023 incluem apenas o comércio extra-bloco.

**Em 1975, a produção é da extinta União Soviética (URSS), da qual a Rússia fazia parte com dois terços da produção. Em 2023, a produção refere-se apenas à Rússia.

Fonte: FAO (2023).

O intenso processo de globalização e a criação da Organização Mundial do Comércio (OMC) em 1995 ampliaram consideravelmente o comércio internacional. As exportações das carnes de frango e suína passaram de 4% do volume total

produzido para o atual patamar de 12% (incluindo o comércio intra-UE), sendo que nesses 50 anos a produção de carne de frango foi multiplicada por oito e a de carne suína por três. A avicultura de postura também evoluiu em meio a esse processo, porém com menor participação no comércio internacional, que permaneceu em 3% da produção que cresceu quatro vezes nesse período. Isso abriu espaço para o maior protagonismo de países em desenvolvimento ou emergentes, com destaque para o crescimento acima da média mundial da produção e das exportações brasileiras de carne de frango e suína.

Além do Brasil, destacaram-se China, Índia, Indonésia, Canadá, Vietnã, México e diversos países do Leste Asiático e, no caso dos ovos, também do Oriente Médio. Por fim, é importante mencionar que a produção de carne de frango e de ovos nos países que compunham a extinta União Soviética (URSS), segundo maior produtor em 1975, foi reduzida em 70% nos cinco anos seguintes ao colapso do bloco em 1991, mas se recuperou desde então, sobretudo a partir da produção na Rússia, que está entre os dez principais países produtores. O país também era, em 1975, o segundo maior produtor mundial de carne suína, mas a produção caiu pela metade após 1991 e ainda é inferior ao nível daquela época, considerando-se o conjunto de 15 países que compunham as repúblicas soviéticas. Entretanto, assim como na avicultura, a produção na Rússia se recuperou visando sobretudo a autossuficiência, e ocupa atualmente a quinta posição entre os principais países produtores (Figuras 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6).

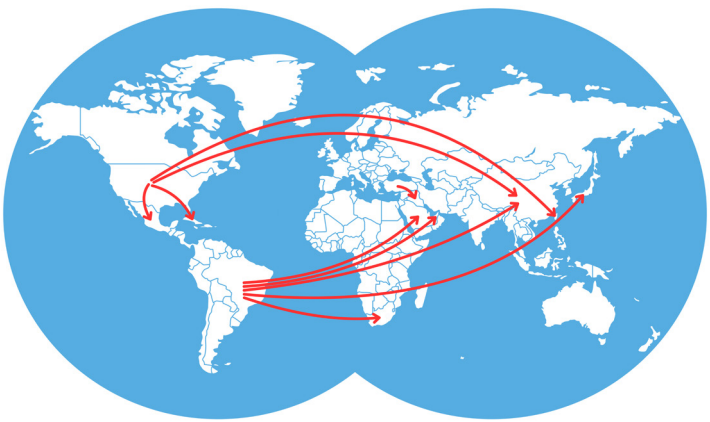

Figura 2.4. Dez principais fluxos de comércio internacional de carne de frango em 2023.
Fonte: FAO (2023).

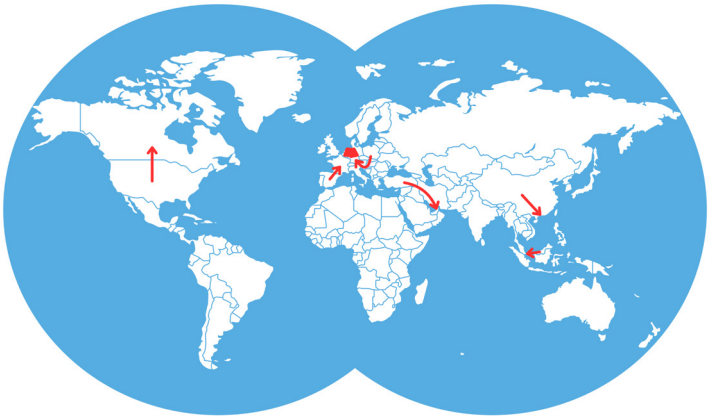

Figura 2.5. Dez principais fluxos de comércio internacional de ovos em 2023.
Fonte: FAO (2023).

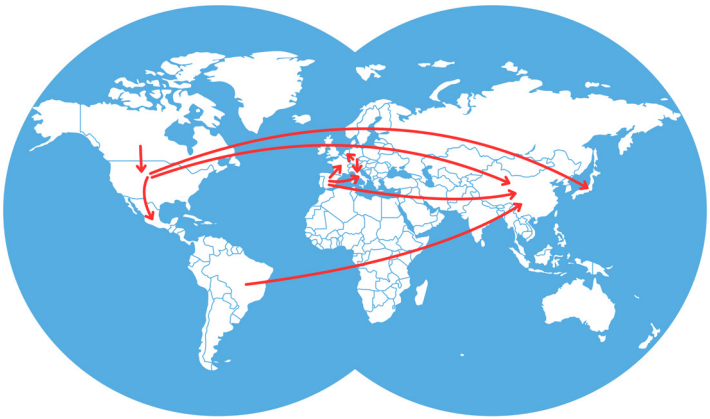

Figura 2.6. Dez principais fluxos de comércio internacional de carne suína em 2023.
Fonte: FAO (2023).

Os últimos 15 anos foram marcados pelo ressurgimento do protecionismo e das disputas geopolíticas em um novo cenário global, e por crescentes desafios para a sustentabilidade da agropecuária de forma geral, considerando a adaptação às mudanças climáticas e a sobrevivência de pequenos e médios produtores. Além disso, pressões da sociedade e de grupos de interesse têm elevado os padrões de bem-estar animal e as exigências para a redução do uso de antimicrobianos na UE e também nos demais países, como o Brasil. Entretanto, foram três doenças - a

influenza aviária de alta patogenicidade (IAAP, ou HPAI da sigla em inglês), a peste suína africana (PSA) e a covid-19, que mais impactaram o desenvolvimento da avicultura e da suinocultura entre 2010 e 2025. A gripe aviária dizimou rebanhos nos EUA, UE e países asiáticos, bem como impôs restrições ao comércio internacional, da genética aos produtos finais, e a PSA dizimou rebanhos na China e em outros países asiáticos e se manifesta em surtos frequentes em rebanhos selvagens e comerciais no continente europeu. Ambas deram impulso à expansão da produção em regiões não afetadas e, ao mesmo tempo, desabasteceram importantes mercados consumidores. Por sua vez, além das traumáticas consequências humanas, sociais e econômicas, a pandemia do novo coronavírus desorganizou o sistema logístico global, criando rupturas nas cadeias de suprimento, falta de contêineres para exportação e encarecimento dos fretes marítimos e, na sua fase mais crítica, limitou a disponibilidade de mão de obra nos frigoríficos.

A avicultura no Brasil: produção e exportação

Em 2024, foram produzidas no Brasil mais de 15,5 milhões de toneladas de carne de frango - das quais 13,6 milhões de toneladas em abates inspecionados, e 5,3 bilhões de dúzias de ovos de galinha – das quais 4,5 bilhões para consumo e 835 milhões para incubação. No período de 50 anos, a produção cresceu 28 vezes na avicultura de corte e 6 vezes na de postura (Figuras 2.7 e 2.8), atingindo um valor bruto de 132,1 bilhões de reais (ou 21,7 bilhões de dólares), correspondendo a 10,4% do valor da produção agropecuária (Conab, 2024; IBGE, 2023, 2024a, 2024b; Brasil, 2024a). Como mencionado anteriormente, o desempenho brasileiro se destaca no cenário global, passando de coadjuvante na década de 1970 para líder mundial, com o país sendo responsável por mais de um terço das exportações de carne de frango (Figura 2.1). Os embarques de 5,2 milhões de toneladas em 2024 geraram divisas de 9,7 bilhões de dólares, equivalentes a 6,7% das exportações do agronegócio.

Os principais compradores foram países do Leste Asiático e do Oriente Médio. No entanto, a carne de frango brasileira está presente em 150 países, incluindo o exigente mercado europeu e a maioria do continente africano, passando pelas Américas e Oceania. A criação de frangos se concentra na região Sul do país - o Paraná lidera com 35% das cabeças abatidas e 42% da carne de frango exportada, seguida pelas regiões Sudeste e Centro-Oeste, enquanto que a criação de galinhas poedeiras se concentra na região Sudeste - São Paulo lidera com 29% da produção de ovos para consumo, seguida pelas regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste (IBGE, 2023, 2024a, 2024b). Nos últimos 50 anos, ocorreu um aumento na participação das regiões Sul e Centro-Oeste na criação de frangos e das regiões

Nordeste e Centro-Oeste na produção de ovos para consumo (Figuras 2.7 e 2.8). As exportações de ovos ainda representam pequena parcela do total produzido, com 18 mil toneladas embarcadas e 39 milhões de dólares em divisas, mas o país tem crescente papel na exportação de material genético avícola, com 126 milhões de dólares em ovos para incubação (Brasil, 2024c; Associação Brasileira de Proteína Animal, 2024).

Na cadeia produtiva da carne de frango, as agroindústrias e cooperativas realizam o abate e o processamento e, na maioria dos casos, também integram verticalmente a produção de rações, a incubação de ovos férteis e produção de pintainhos, a logística de transporte e os serviços de assistência técnica. Os produtores de ovos para incubação (matrizeiros) e os criadores que fazem a engorda dos frangos estão vinculados a essas empresas por meio de contratos, constituindo assim o modelo de organização chamado de integração (Marques, 1991; Alves Filho, 1996; Canever et al., 1997; Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2002b; Butolo, 2008; Talamini et al., 2009; Miele, 2013). As duas empresas líderes de mercado no Brasil concentravam 59% dos abates de

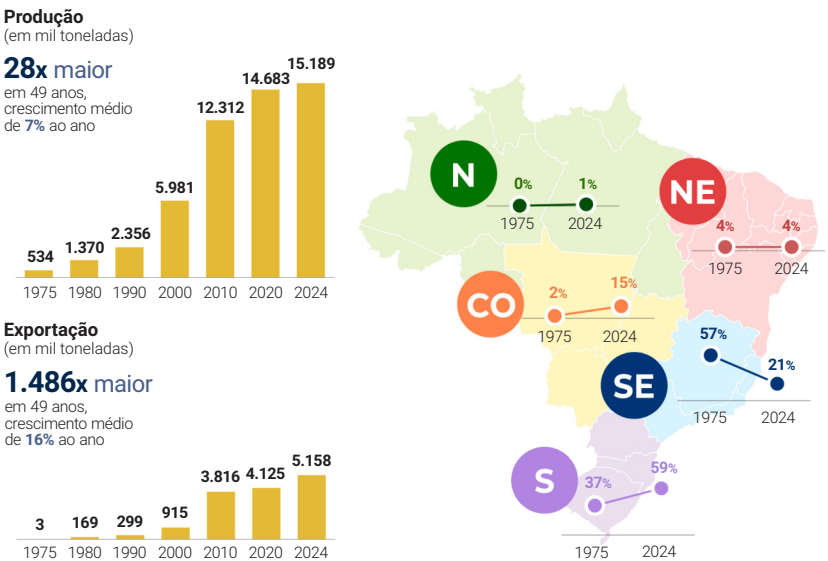

Figura 2.7. Evolução da produção e das exportações de carne de frango e da participação das regiões brasileiras entre 1975 e 2024.

Fontes: Agrostat (2024); Comex Stat (2024); Faostat (FAO, 2023); Oferta e Demanda de Carnes (Conab, 2024); Pesquisa Mensal de Abate de Animais (IBGE, 1996); Pesquisa Trimestral do Abate de Animais (IBGE, 2024b).

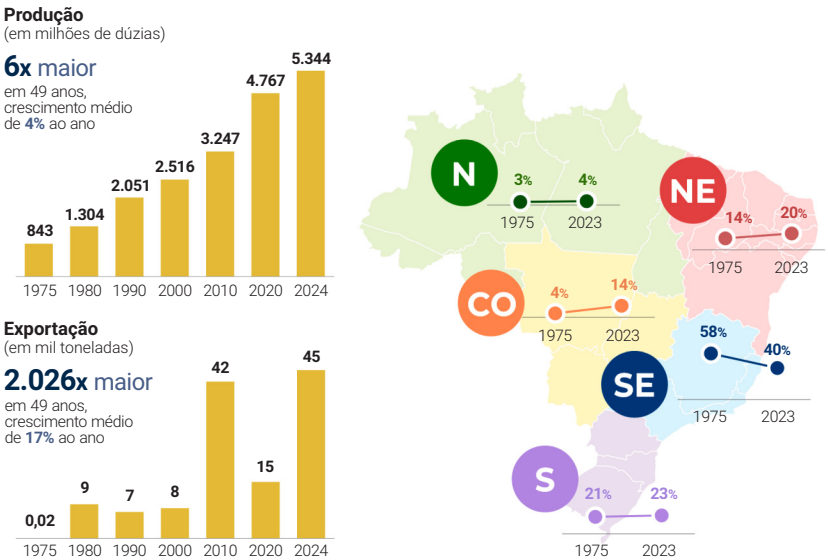

Figura 2.8. Evolução da produção e das exportações de ovos para consumo e incubação e da participação das regiões brasileiras entre 1975 e 2024.

*A produção de 2024 foi estimada pelos autores.

Fontes: Brasil (2024c); Brasil (2024d); FAO (FAO, 2023); Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2023); Produção de Ovos de Galinha (IBGE, 2024a).

frangos em 2023 no país. Essas empresas têm atuação global e diversificada, com a produção de carnes de frangos, suínos e perus e de alimentos processados. São seguidas por três cooperativas, com 14% dos abates de frangos, totalizando uma concentração de 73% nas cinco maiores (Watt Global Media, 2024). Em termos de unidades frigoríficas, em 2024 havia 136 abatedouros de frango com inspeção federal (91% do total de cabeças abatidas) com uma escala média de 163 mil cabeças por dia, 91 plantas com inspeção estadual (9% do total), com uma escala média de 23 mil cabeças por dia, e 47 abatedouros com inspeção municipal (menos de 0,1% do abate total), com uma escala média de 496 cabeças por dia (IBGE, 2024b). As indústrias de abate e processamento de carne de frango empregavam 246 mil pessoas em 2023 segundo Rais/MTE (Brasil, 2023). Já a maior parte da produção de ovos é feita por grandes produtores independentes que fazem a incubação de ovos férteis, a produção de pintainhas, a recria das frangas, a criação das galinhas poedeiras e a classificação de ovos, e também integram verticalmente a produção de rações. Também é significativa a presença

do cooperativismo e da integração, semelhante ao que ocorre na avicultura de corte. Os cinco maiores produtores de ovos para consumo no Brasil respondiam em 2023 por 40% da produção total (Watt Global Media, 2024).

No elo agropecuário, apenas 25,7 mil granjas com rebanho de mais de 5 mil cabeças (23 mil criadores de frangos e 2,7 mil produtores de ovos para consumo e incubação) foram responsáveis por 95% da venda de aves e ovos em 2017 (IBGE, 2019). Este segmento constitui a chamada avicultura industrial, cujas principais características são a produção intensiva em sistemas confinados, com incorporação contínua de novas tecnologias e ganhos de escala, com granjas especializadas na atividade e em distintos sistemas de produção. Desde os anos 1990, a avicultura brasileira passa por um processo de concentração (Figura 2.9) e especialização dos estabelecimentos agropecuários e maior integração por meio de contratos, do cooperativismo e da integração vertical plena. Nos últimos 15 anos, as cadeias produtivas experimentaram o aprofundamento dessas transformações tecnológicas e organizacionais que fortaleceram sua competitividade e geraram renda entre aqueles produtores que conseguiram acompanhar a

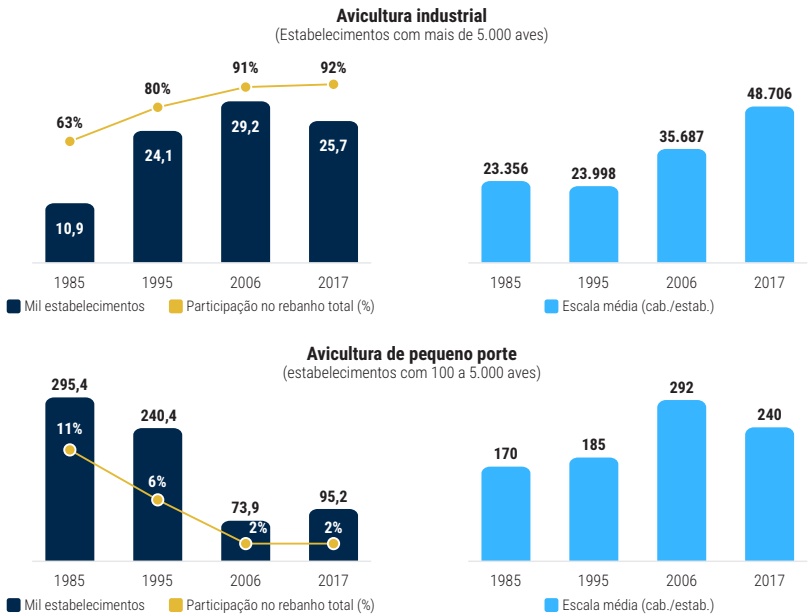

Figura 2.9. Evolução do número de estabelecimentos, da escala média e da participação do rebanho em estabelecimentos da avicultura industrial e de pequeno porte, Brasil, 1985 a 2017.
Fonte: Censo Agropecuário (IBGE, 1991, 1997, 2009, 2019).

contínua incorporação de tecnologias e aumento de escala sem comprometer a maior parte das suas receitas com o pagamento da amortização e dos juros do crescente endividamento agrícola (Belato, 1985; Campos, 1987; Altmann, 1997).

A maioria dos produtores de frangos está localizada na região Sul (70% dos estabelecimentos e 56% do rebanho), compõe a agricultura de base familiar e é integrada a uma agroindústria ou associada a uma cooperativa. Nas demais regiões, há maior presença de produtores que não se enquadram nos critérios de agricultura familiar, com maiores escalas de produção. Por sua vez, o típico produtor de ovos para consumo está localizado na região Sudeste (33% dos estabelecimentos e 48% do rebanho), não pertence à agricultura familiar e é independente ou associado a uma cooperativa. Os produtores das demais regiões apresentavam características semelhantes aos da região Sudeste, exceto os da região Sul (43% dos estabelecimentos e 20% do rebanho), com maior presença da agricultura de base familiar e menores escalas de produção. Por fim, a maioria dos produtores de ovos para incubação ou matrizeiros está localizada na região Sul (67% dos estabelecimentos e 49% do rebanho), não pertence à agricultura familiar e é integrada a uma agroindústria ou associada a uma cooperativa (Miele; Almeida, 2023b).

Além da avicultura industrial, em 2017 também havia cerca de 95 mil estabelecimentos com pequenos rebanhos - entre 100 e 5 mil aves criadas em sistemas confinados, semi-intensivos, caipira ou colonial e orgânico. Podem ser chamados de avicultura de pequeno porte, com presença em todas as regiões brasileiras, voltados tanto ao consumo próprio quanto à venda de excedentes da produção aos mercados locais (Miele; Almeida, 2023b). A criação de aves ocupava em 2023 um total de 207 mil pessoas, incluindo produtores por conta própria e empregadores, empregados e pessoas não remuneradas[1], das quais 114 mil tinham vínculos formais de assalariamento segundo Rais/MTE (Brasil, 2023).

Além dos criadores de aves e das agroindústrias e cooperativas que abatem frangos e processam a carne de frango e os ovos, destacam-se diversos setores a montante e a jusante. Produtores de grãos e suas cooperativas, cerealistas, esmagadoras de soja e tradings compõem o principal elo de fornecimento de insumos para a avicultura, com o suprimento de 44,7 milhões de toneladas de rações (84% para frangos de corte e 16% para poedeiras), compostas por 28,1 milhões de toneladas de milho, 11 milhões de toneladas de farelo de soja e 5,6 milhões de toneladas de outros ingredientes (Zani, 2024). Fornecedores globais das linhagens genéticas, de medicamentos e outros produtos para a saúde animal, de máquinas e equipamentos complementam os elos a montante dessas cadeias produtivas.

[1] Dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD/IBGE) fornecidos por Nicole Rennó Castro, professora Esalq/USP e pesquisadora da equipe macroeconômica Cepea-Esalq/USP, em setembro de 2024, comunicação por e-mail.

A jusante, destacam-se os serviços de distribuição interna e exportação. Diversos serviços de caráter sistêmico dão suporte à avicultura como infraestrutura, transporte, financiamento, seguro e serviços públicos como inspeção dos produtos, defesa agropecuária, assistência técnica e extensão rural (Ater), ensino e pesquisa (Canever et al., 1997; Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2002b; Butolo, 2008; Talamini et al., 2008, 2009; Talamini, 2022).

A suinocultura no Brasil: concentração no Sul

Em 2024, foram produzidas 5,3 milhões de toneladas de carne suína, dez vezes mais do que em 1975 (Figura 2.10), atingindo um valor bruto de 56,3 bilhões de reais (ou 9,2 bilhões de dólares), correspondendo a 4,4% do valor da produção agropecuária (Brasil, 2024a; Conab, 2024; IBGE, 2024b). Como mencionado anteriormente, o desempenho brasileiro se destaca no cenário global, passando da 20º posição na década de 1970 para terceiro maior exportador, com 14% das exportações de carne suína (Figura 2.3). Os embarques de 1,3 milhão de toneladas em 2024 geraram divisas de 3 bilhões de dólares, equivalentes a 2% das exportações do agronegócio. Os principais compradores são países do Leste Asiático e das Américas, mas a carne suína brasileira está presente em 89 países (Brasil, 2024c; Associação Brasileira de Proteína Animal, 2024). A criação de suínos se concentra na região Sul do país – Santa Catarina lidera com 30% das cabeças abatidas e 55% da carne suína exportada, seguida pelas regiões Sudeste e Centro-Oeste (IBGE, 2024b). Nos últimos 50 anos, ocorreu um aumento na participação das regiões Sul e Centro-Oeste na criação de suínos (Figura 2.10).

Na cadeia produtiva da carne suína, sobretudo na região Sul, as agroindústrias e cooperativas realizam o abate e o processamento e, na maioria dos casos, também integram verticalmente a produção de rações, a reposição genética de matrizes e o fornecimento de doses de sêmen, a logística e os serviços de assistência técnica. Os produtores de leitões e os criadores que fazem a engorda dos suínos estão vinculados a essas empresas por meio de contratos, constituindo assim o modelo de organização chamado de integração (Talamini; Kinpara, 1994; Altmann, 1997; Talamini; Scheuermann, 2008; Miele, 2013; Miele; Miranda, 2013; Martins et al., 2017, 2019; Martins, 2018). Já nas demais regiões do país, apesar da significativa presença da integração, a maior parte da produção é feita por produtores independentes que geralmente integram verticalmente a produção de rações. Assim, a forma de coordenação da cadeia produtiva predominante no Brasil é a integração. Do total de 2,11 milhões de matrizes suínas tecnificadas em 2023, 44% estavam alojadas em granjas integradas a agroindústrias e 23% em granjas de cooperados ou próprias das cooperativas (Machado, 2024). As duas

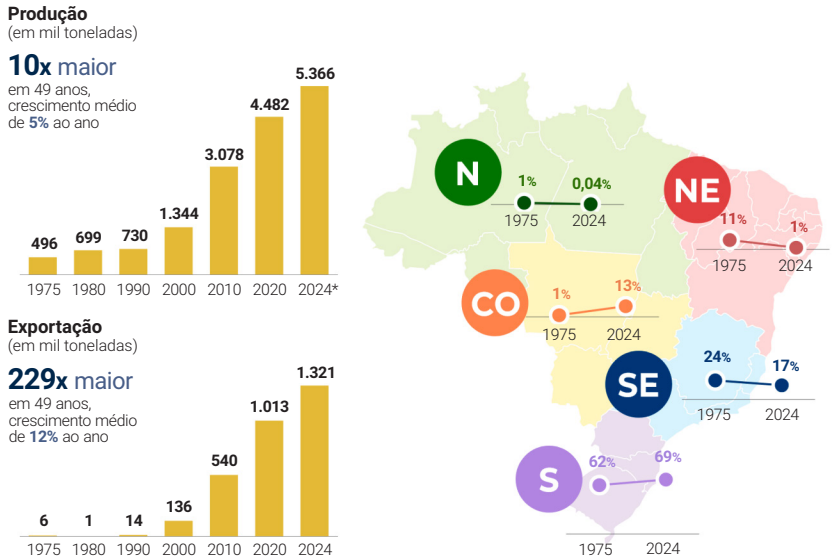

Figura 2.10. Evolução da produção e das exportações de carne suína e da participação das regiões brasileiras entre 1975 e 2024.

Fontes: Brasil (2024c, 2024d); FAO (2023); Oferta e Demanda de Carnes (Conab, 2024); Pesquisa Mensal de Abate de Animais (IBGE, 1996a, 1996b); Pesquisa Trimestral do Abate de Animais (IBGE, 2024b).

empresas líderes de mercado no Brasil concentravam 34% do alojamento de matrizes em 2023 no país. Essas empresas têm atuação global e diversificada, com a produção de carnes de frangos, suínos e perus e de alimentos processados. São seguidas por duas cooperativas e uma empresa, com 23% do alojamento, totalizando, nas cinco maiores, uma concentração de 57% (Observatório [...], 2024). Em termos de unidades frigoríficas, em 2024 havia 93 abatedouros de suínos com inspeção federal (83% do total de cabeças abatidas) com uma escala média de 1.929 cabeças por dia, 240 com inspeção estadual (16% do total) com uma escala média de 143 cabeças por dia, e 262 com inspeção municipal (menos de 2% do abate total) com uma escala média de 16 cabeças por dia (IBGE, 2024b). As indústrias de abate e processamento de carne suína empregavam 120 mil pessoas em 2023 (Brasil, 2023).

No elo agropecuário, apenas 17,5 mil granjas com rebanho de mais de 200 cabeças (12,55 mil criadores que faziam a engorda de leitões e de suínos e 3,97 mil produtores com alojamento de matrizes reprodutoras para produção de leitões e suínos em ciclo completo) foram responsáveis por 92% da venda de

leitões e de suínos em 2017 (IBGE, 2019). Este segmento constitui a chamada suinocultura industrial, cujas principais características são a produção intensiva em sistemas confinados, com incorporação contínua de novas tecnologias e ganhos de escala, com granjas especializadas em sistemas e estágios de produção distintos. Desde os anos 1990, a suinocultura brasileira passa por um processo de concentração (Figura 2.11) e especialização dos estabelecimentos agropecuários e maior integração por meio de contratos, do cooperativismo e da integração vertical plena. Assim como na avicultura, nos últimos 15 anos a cadeia produtiva experimentou o aprofundamento dessas transformações tecnológicas e organizacionais que fortaleceram sua competitividade e geraram renda entre aqueles produtores que conseguiram acompanhar a contínua incorporação de tecnologias e aumento de escala sem comprometer a maior parte das suas receitas com o pagamento da amortização e dos juros do crescente endividamento agrícola (Belato, 1985; Campos, 1987; Altmann, 1997).

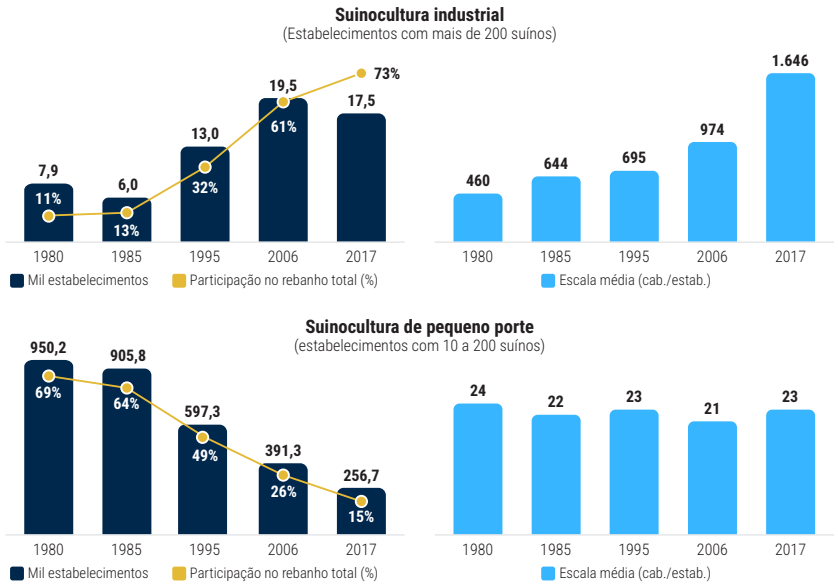

Figura 2.11. Evolução do número de estabelecimentos, da escala média e da participação do rebanho em estabelecimentos da suinocultura industrial e de pequeno porte, Brasil, 1980 a 2017.
Fonte: Censo Agropecuário (IBGE, 1984, 1991, 1997, 2009, 2019).

A maioria dos produtores de suínos está localizada na região Sul (87% dos estabelecimentos e 65% do rebanho), compõe a agricultura de base familiar e é

integrada a uma agroindústria ou associada a uma cooperativa. Entre produtores de leitões e de suínos em ciclo completo (que têm matrizes reprodutoras alojadas) e nas demais regiões, sobretudo Sudeste e Centro-Oeste, há maior presença de produtores que não se enquadram nos critérios de agricultura familiar, com maiores escalas de produção e maior presença da suinocultura independente (Miele; Almeida, 2023a). Além da suinocultura industrial, em 2017 também havia cerca de 256 mil estabelecimentos com pequenos rebanhos – entre 11 e 200 suínos criados em sistemas confinados, semi-intensivos ou ao ar livre (no pasto). Podem ser chamados de suinocultura de pequeno porte, com presença em todas as regiões brasileiras, voltados tanto ao consumo próprio quanto à venda de excedentes da produção aos mercados locais (Miele; Almeida, 2023a). A criação de suínos ocupava em 2023 um total de 95 mil pessoas, incluindo produtores por conta própria e empregadores, empregados e pessoas não remuneradas[2], das quais 34 mil tinham vínculos formais de assalariamento (Brasil, 2023).

Além dos criadores de suínos e das agroindústrias e cooperativas que abatem suínos e processam a carne, destacam-se diversos setores a montante e a jusante. Assim como na avicultura, produtores de grãos e suas cooperativas, cerealistas, esmagadoras de soja e tradings compõem o principal elo de fornecimento de insumos para a avicultura, com o suprimento de 21 milhões de toneladas de rações, compostas por 15,3 milhões de toneladas de milho, 3,5 milhões de toneladas de farelo de soja e 2,2 milhões de toneladas de outros ingredientes (Zani, 2024). Fornecedores globais das linhagens genéticas, de medicamentos e outros produtos para a saúde animal, de máquinas e equipamentos complementam os elos a montante dessas cadeias produtivas. A jusante, destacam-se os serviços de distribuição interna e exportação. Diversos serviços de caráter sistêmico dão suporte à avicultura, como infraestrutura, transporte, financiamento, seguro e serviços públicos como inspeção dos produtos, defesa agropecuária, assistência técnica e extensão rural (Ater), ensino e pesquisa (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2002a; Talamini; Scheuermann, 2008; Miele et al., 2011, 2013).

Desempenho e competitividade em suínos e aves

Entre 1975 e 2024, a avicultura e a suinocultura brasileiras ampliaram a oferta de proteína animal de qualidade a preços acessíveis para o abastecimento do mercado doméstico e fortaleceram de forma significativa a sua inserção no mercado global. A avicultura, assim como em muitos países, consolidou-se como

[2] Dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD/IBGE) fornecidos por Nicole Rennó Castro, professora Esalq/USP e pesquisadora da equipe macroeconômica Cepea-Esalq/USP, em setembro de 2024, comunicação por e-mail.

a principal fonte de proteína animal no Brasil, com um consumo per capita anual de 49 kg de carne de frango e de 242 ovos de galinha (ou 20 dúzias), respondendo por 48% (38 e 10%) do consumo de carnes, peixes e ovos entre os brasileiros. O consumo per capita anual de carne suína no Brasil é de 20 kg, respondendo por 13% do consumo de carnes, peixes e ovos entre os brasileiros. Em 50 anos esses setores passaram a disponibilizar 7,6 vezes mais carne de frango, 3 vezes mais ovos e 2,8 vezes mais carne suína per capita para uma população cada vez mais urbana que quase duplicou – de 106 milhões para 205 milhões de habitantes, viabilizando preços no varejo que cresceram menos do que o poder aquisitivo do salário mínimo (Tabela 2.1). Desta forma, contribuíram para a segurança alimentar nacional e mundial, com a geração de empregos e renda nas regiões onde ocorrem a produção primária e a agroindustrialização, com efeito multiplicador em inúmeros setores da economia e impactando o desenvolvimento do país (Santos Filho, 2012; Santos Filho et al., 2015).

A base desse desempenho foi a modernização da avicultura e da suinocultura, que se intensificou após a década de 1960 com a introdução de novos sistemas produtivos - intensivos em tecnologia e com grande número de aves e suínos por unidade, a criação dos serviços de fomento agropecuário das agroindústrias e cooperativas e a importação de material genético e sua multiplicação no país. Também teve início nesse período o desenvolvimento e a implementação do modelo de integração entre produtores e agroindústria e cooperativas visando facilitar a coordenação das várias etapas interdependentes do processo (Marques, 1991; Talamini, 1991; Wedekin; Mello, 1995; Alves Filho, 1996; Altmann, 1997; Weydmann, 2004; Butolo, 2008; Talamini; Scheuermann, 2008; Talamini et al., 2008; Miele; Miranda, 2013; Mapeamento [...], 2016; Martins et al., 2017, 2019; Martins, 2018). Essas cadeias produtivas se consolidaram nos anos 1970 com apoio público em assistência técnica, crédito rural, investimentos em formação de recursos humanos e na pesquisa agropecuária desenvolvida nas universidades, em centros de pesquisa e extensão dos estados e na Embrapa à partir de sua criação.

Com a liberalização da economia a partir dos anos 1990 e posterior controle da inflação, boa parte dessas atividades indutoras da adoção de novas tecnologias passaram a ter maior participação do setor privado, cada vez mais inserido no mercado global de commodities agrícolas e de capitais. A contínua adoção de tecnologias, seja a partir do desenvolvimento de soluções locais ou da adaptação para a realidade brasileira de inovações de outros países como os Estados Unidos e produtores europeus, foi um dos pilares que explicam o desempenho dessas cadeias produtivas ao longo dos últimos 50 anos. Houve avanços significativos em temas como genética, dietas balanceadas, aditivos nutricionais, vacinas e medicamentos para prevenção e controle de enfermidades, tratamento e valoração dos resíduos

Tabela 2.1. Indicadores de desempenho e de eficiência da avicultura e da suinocultura brasileiras, 1975 e 2024.

Indicadores	1975	2024
Carne de frango		
Participação na produção mundial (%)	3	12
Participação no comércio internacional (%)	2	36
Consumo per capita (kg de carne)	5	49
Poder de compra do salário mínimo (kg)*	52	134
Conversão alimentar (kg de ração/kg vivo)	2,3	1,7
Peso médio das carcaças (kg carcaça/cab.)	1,4	2,1
Ganho diário de peso (g/dia)	35	66
Ovos		
Participação na produção mundial (%)	2	4
Participação no comércio internacional (%)	0	1
Consumo per capita (dz de ovos)	84	240
Poder de compra do salário mínimo (dz)*	107	117
Conversão alimentar (kg de ração por dz)	2,0	1,3
Produtividade das poedeiras (ovos/cab./ano)	162**	287
Carne suína		
Participação na produção global (%)	2	4
Participação no comércio internacional (%)	0,3	14
Consumo per capita (kg/hab.)	7	20
Poder de compra do salário mínimo (kg)*	29	61
Conversão alimentar (kg de ração/kg vivo)	4,3	2,4
Produtividade das matrizes (vendidos/matriz/ano)	11	28
Peso médio das carcaças (kg carcaça/cab.)	69	94

*Quantidade de carne de frango, de carne suína e de dúzias de ovos compradas com um salário mínimo, estimada a partir da relação entre os valores nominais do salário mínimo e dos preços médios do frango limpo, da carne suína e do ovo no varejo da Região Metropolitana de São Paulo.

** A produtividade média no Brasil era de 75 ovos por poedeira por ano segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2023), enquanto que a produtividade potencial da genética nos anos 1970 era de 250 ovos por poedeira a cada 80 semanas, ou 162 ovos por ano.

Fontes: Gomes et al. (1992); Pesquisa Mensal de Abate de Animais (IBGE, 1996a, 1996b); União Brasileira de Avicultura em (Santos Filho et al., 2011); Talamini e Vilas-Boas (2021); Miele e Sandi (2022); Agriness (2023); FAO (2023); Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2023); Oferta e Demanda de Carnes (Conab, 2024); Estados Unidos (2024); Preços Médios Mensais no Varejo (Instituto de Economia Agrícola, 2024); Pesquisa de Ovos de Galinha (IBGE, 2024a); Pesquisa Trimestral do Abate de Animais (IBGE, 2024b); Brasil (2024c, 2024d).

da produção, construções e equipamentos e, mais recentemente, a revolução digital e a automação (Canever et al., 1998; Santini; Souza Filho, 2004; Talamini et al., 2009, 2014; Espíndola, 2012; Talamini; Vilas-Boas, 2021; Talamini, 2022).

Outro pilar fundamental foi a estruturação do serviço veterinário oficial no país, nos estados e nos municípios, com destaque para o Plano Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) e o Plano Nacional de Sanidade Suídea (PNSS), assim como a inspeção integrada da cadeia de suprimentos (registro de rações e produtos para a saúde animal, defesa agropecuária, inspeção permanente de produtos de origem animal e controle de resíduos e contaminantes nos produtos finais) que garantiu a sanidade dos rebanhos, a segurança dos alimentos e o acesso ao mercado internacional (Talamini; Pedrozo, 2004; Martins et al., 2022; Talamini et al., 2022). Por fim, a organização da cadeia produtiva por meio de contratos de integração e do cooperativismo, bem como o desenvolvimento de complexos sistemas agroindustriais envolvendo diversos setores, com o encadeamento de atividades agropecuárias, industriais e de serviços, desde o suprimento de insumos (a montante) até o abastecimento do consumidor final (a jusante), viabilizaram difusão tecnológica, o acesso a crédito, a padronização de práticas agropecuárias e de aviários e pocilgas, bem como o compartilhamento de riscos (Marques, 1991; Alves Filho, 1996; Altmann, 1997; Talamini; Scheuermann, 2008; Miele, 2013; Miele; Miranda, 2013; Martins et al., 2017; 2019; Martins, 2018). Esse esforço conjunto envolvendo a adoção contínua de tecnologias, a defesa agropecuária e a inspeção de produtos de origem animal e a organização das cadeias produtivas elevou a eficiência na produção de frangos, suínos e ovos (Tabela 2.1) e, aliado aos ganhos de eficiência na produção agrícola que garantiram o abastecimento doméstico de grãos, permitiram ao Brasil produzir com os menores custos entre os principais países concorrentes (Figuras 2.13 e 2.14).

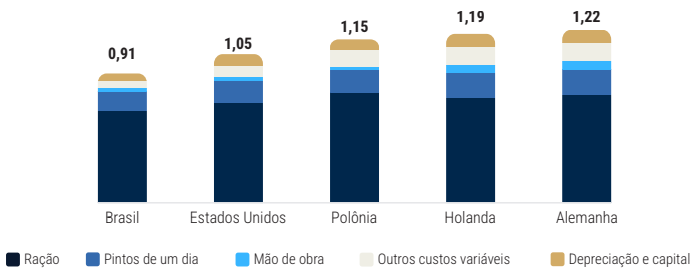

Figura 2.13. Custo de produção de frangos no Brasil e em países concorrentes, 2023, USD/kg vivo.

Fonte: Embrapa Suínos e Aves para Brasil e dados fornecidos por Peter van Horne, pesquisador e economista em avicultura da Wageningen Economic Research, em janeiro de 2025, comunicação por e-mail.

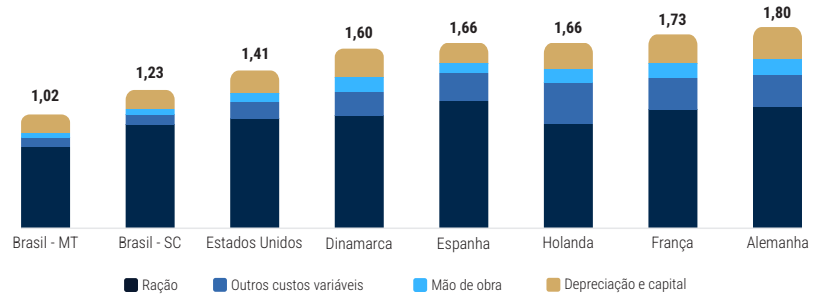

Figura 2.14. Custo de produção de suínos no Brasil e em países concorrentes, 2023, USD/kg vivo.

Fonte: InterPIG, tabelas fornecidas por Michael Groes Christiansen, consultor especial em economia de negócios, da SEGES Innovation, em outubro de 2024, comunicação por e-mail; Embrapa Suínos e Aves para Santa Catarina, Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (Imea) e Embrapa Suínos e Aves para Mato Grosso.

Considerações sobre o futuro das duas atividades

Em cinco décadas, a avicultura e a suinocultura brasileiras conquistaram uma posição de liderança mundial. Nesse período, ocorreram grandes transformações políticas, sociais, demográficas e econômicas, bem como o aprofundamento da globalização, que impulsionou o comércio internacional de carnes e ovos, ampliando espaços de atuação para novos países produtores. Os últimos 15 anos foram marcados pela volta do protecionismo em um ambiente de crescentes incertezas, pela emergência da crise climática e por três doenças, a gripe aviária, a peste suína africana e a pandemia de covid-19. A maior inserção da avicultura e da suinocultura brasileiras no mercado internacional ocorreu concomitante ao abastecimento do mercado doméstico com proteína animal de qualidade e preços acessíveis, gerando empregos e renda nas regiões produtoras, com efeitos multiplicadores no desenvolvimento do país. A expansão da oferta de grãos, a coordenação vertical e os aportes contínuos, em todos os elos dessas cadeias produtivas, de novas tecnologias, defesa agropecuária e inspeção dos produtos contribuíram para ganhos de eficiência e redução de custos, constituindo a base da competitividade brasileira. Contudo, como nos demais países que seguiram o mesmo caminho, isso levou à concentração e especialização da produção, com uma dinâmica altamente seletiva entre produtores rurais, agroindústrias e cooperativas.

Segundo as projeções do Agronegócio do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), a produção e as exportações de carne de frango terão incremento de 2,4 e 2,7% ao ano entre 2024 e 2034, as de carne suína de 2,4 e 2,3%

ao ano, enquanto que a produção de ovos aumentará 2% ao ano nesse mesmo período (Brasil, 2024b), o que aponta para a continuidade do desenvolvimento visto nas últimas décadas, impulsionado por um mercado interno dinâmico e por uma inserção internacional diversificada, amparada em acordos de equivalência sanitária. Entretanto, para a concretização desse cenário futuro nos próximos 50 anos, serão necessários o fortalecimento das atuais bases da competitividade brasileira, a superação de gargalos históricos e a contínua proteção e mitigação de riscos, sobretudo sanitários e climáticos.

A configuração do comércio internacional no século XXI exigirá a ampliação e a adequação de acordos comerciais e a contestação de medidas protecionistas, geralmente vinculadas à pauta da sustentabilidade e da saúde única. A reorganização das cadeias globais de suprimento, sobretudo após a pandemia e o conflito geopolítico entre as potências mundiais, tornará mais crítica a dependência externa brasileira em setores cada vez mais concentrados como material genético, fertilizantes, insumos veterinários, aditivos para alimentação animal e inteligência artificial. As incertezas e riscos ligados às doenças emergentes e reemergentes e às mudanças climáticas estão cada vez mais presentes, dificultando uma visão clara do futuro. Entretanto, é certo que exigirão do país o contínuo fortalecimento da biosseguridade das granjas e do sistema público de defesa e inspeção, inovações para sistemas de criação de aves e suínos e de produção agrícola mais resilientes, a expansão sustentável em novas fronteiras agrícolas (Santos Filho et al., 2016), bem como a ampliação do uso de alimentos alternativos ao milho e à soja, notadamente dos cereais de inverno na região Sul e dos coprodutos da produção de biocombustíveis.

Além disso, permanecem como temas centrais os gargalos da infraestrutura, sobretudo em logística (Miele et al., 2013; Santos Filho et al., 2017) e armazenagem, o elevado custo do capital, os desafios de implementação da reforma tributária aprovada em 2023 e as mudanças na população que têm restringido a oferta de mão de obra no campo. Inovações em insumos, equipamentos, processos e produtos serão cada vez mais necessárias para dar continuidade aos ganhos de eficiência zootécnica e energética e de produtividade do trabalho, reduzir ou zerar as emissões de gases de efeito estufa, valorar os resíduos da produção animal, promover o bem-estar animal e a saúde única, bem como gerar alternativas para pequenos e médios produtores em busca de opções de geração de renda. Por fim, concomitante ao desenvolvimento dessas cadeias produtivas, a indústria alimentícia vem introduzindo inovações em produtos concorrentes às carnes e aos ovos como as proteínas de origem vegetal e cultivadas.

Assim como no passado, as instituições de pesquisa agropecuária em geral, e a Embrapa em específico, continuarão a ser atores decisivos para a cons-

trução do futuro da criação de aves e suínos no Brasil, seja no desenvolvimento ou adaptação de conhecimentos e tecnologias, seja no apoio à elaboração e implementação de políticas públicas e ações setoriais.

Referências

AGRINESS. **Relatório anual do desempenho da produção de suínos**. Florianópolis, 2023. 16. ed. Disponível em: https://melhores.agriness.com/relatorio/. Acesso em: 27 mar. 2025.

ALTMANN, R. **A agricultura familiar e os contratos**: reflexões sobre os contratos de integração, a concentração da produção e a seleção de produtores. Florianópolis: Palotti, 1997. 112 p.

ALVES FILHO. E. **O processo de produção avícola**: história e transformações (contribuição ao estudo da avicultura em Minas Gerais, 1980 - 1995). 1996. 215 f. Tese (Doutorado em História Econômica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. São Paulo: SP: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/. Acesso em: 21 mar. 2025.

BELATO, D. **Os camponeses integrados**. 1985. 441 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em História) - Universidade de Campinas, Campinas.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Política Agrícola. **Projeções do agronegócio**. Brasília, DF, 2024a. Disponível em: Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp. Acesso em: 19 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Política Agrícola. **Valor bruto da produção agropecuária (VBP)**. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio. Acesso em: 19 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrostat**: estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro. Brasília, DF, 2024c. Disponível em: https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html. Acesso em: 21 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Economia. **Comex Stat**: sistema oficial para extração das estatísticas do comércio exterior brasileiro de bens. Brasília, DF, 2024d. Disponível em: https://comexstat.mdic.gov.br/. Acesso em: 25 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relação anual de informações sociais**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/estatisticas-trabalho/rais/rais-2023. Acesso em: 27 mar. 2025.

BUTOLO, J. E. Aves de corte. In: ALBUQUERQUE, A. C. S; SILVA, A. G. da. (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 987-1007.

CAMPOS, I. **Os colonos do Rio Uruguai**: relações entre pequena produção e agroindústrias no Oeste Catarinense. 1987. 378 f. Dissertação (Curso de Mestrado em Economia) – Universidade Fernando Pessoa, Campina Grande.

CANEVER, M. D.; CHIUCHETTA, O.; SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J. D. Mudanças tecnológicas na avicultura de corte: implicações sócio-econômicas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 7, n. 1, p. 5-10, 1998.

CANEVER, M. D.; TALAMINI, D. J. D.; CAMPOS, A. C.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1997. 150 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 45).

CONAB. **Informações agropecuárias**. Análises do mercado agropecuário e extrativista, oferta e demanda de carnes - Setembro 2024. Brasília, DF, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista. Acesso em: 20 mar. 2025.

ESPÍNDOLA, C. J. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 27, n. 53, p. 89-113, jan./jun. 2012.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Foreign agricultural service: production, supply and distribution**. Washington, DC, 2024. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home. Acesso em: 25 mar. 2025.

FAO. **Faostat**. Rome, 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 14 mar. 2025.

GOMES, M. F. M.; GIROTTO, A. F; TALAMINI, D. J. D. **Análise prospectiva do complexo agroindustrial de suínos no Brasil**. Concórdia: EMBRAPA–CNPSA, 1992. 108 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 26).

IBGE. **Censo agropecuário 1980**. Rio de Janeiro, 1984. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Censo agropecuário 1985**. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Censo agropecuário 1995 – 1996**. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: segunda apuração. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/ censoagropecuario-2006/segunda-apuracao. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Censo agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censoagropecuario-2017/resultados-definitivos. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2023. Acesso em: 9 jan. 2025.

IBGE. **Pesquisa mensal de abate de animais**: tabela 48: peso das carcaças de aves abatidas. Rio de Janeiro, 1996a. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/48. Acesso em: 28 mar. 2025.

IBGE. **Pesquisa mensal de abate de animais**: tabela 44: quantidade de aves abatidas. Rio de Janeiro, 1996b. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/44. Acesso em: 28 mar. 2025.

IBGE. **Pesquisa de ovos de galinha**: tabela 7524: número de informantes, número de galinhas poedeiras e quantidade de ovos produzidos, no mês e no trimestre. Rio de Janeiro, 2024a. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7524. Acesso em: 28 mar. 2025.

IBGE. **Pesquisa Trimestral do Abate de Animais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024b. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/abate/tabelas. Acesso em: 28 mar. 2025.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (SP). Preços Médios Mensais no Varejo, Região Metropolitana de São Paulo. 1975 a 2024. São Paulo, SP, 2024. Disponível em: http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/Bancodedados.php. Acesso em: 12 dez. 2024.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Análise da competitividade da cadeia agroindustrial de carne suína no estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 2002a. 54 p.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Análise da competitividade da cadeia agroindustrial de carne de frango no estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 2002b. 230 p.

MACHADO, I. **Retrato da suinocultura brasileira**. Brasília, DF: ABCS, 2024. Disponível em: https://abcs.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Retrato-da-Suinocultura-2024-Web.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

MAPEAMENTO da suinocultura brasileira. Brasília, DF: ABCS, 2016. 186 p. il. color.

MARQUES, P. V. **Economia de integração vertical na avicultura de corte do Estado de São Paulo**. 1991. 133 f. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba.

MARTINS, F. M. **As diferentes estruturas de governança e mecanismos de coordenação utilizados na produção de suínos no Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. 38 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 200).

MARTINS, F. M.; COLDEBELLA, A.; HENN, J. D.; SILVEIRA, R. H. da; ALBUQUERQUE, E. R.; KICH, J. D. Impactos da inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 105-116, abr./maio/jun. 2022.

MARTINS, F. M.; TRIENEKENS, J.; OMTA, O. Implications of horizontal and vertical relationships on farmers performance in the Brazilian pork industry. **Livestock Science**, v. 228, p. 161-169, 2019.

MARTINS, F. M.; TRINEKENS, J.; OMTA, O. Governance structures and coordination mechanisms in the Brazilian pork chain: diversity of arrangements to support the supply of piglets. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 20, n. 4, p. 511, 532, 2017.

MIELE, M. Contracts in Brazilian pork and poultry meat chains: implications for measuring agricultural statistics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL STATISTICS, 6., 2013, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: International Statistical Institute, 2013.

MIELE, M.; ALMEIDA, M. M. T. B. **Caracterização da suinocultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023a. 33 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 240).

MIELE, M.; ALMEIDA, M. M.T. B. **Caracterização da avicultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023b, 48 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 241).

MIELE, M.; MIRANDA, C. R. de. O desenvolvimento da agroindústria brasileira de carnes e as opções estratégicas dos pequenos produtores de suínos do Oeste Catarinense no início do século XXI. In: CAMPOS, S. K.; NAVARRO, Z. (Org.). **A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro**: ganhar tempo é possível? Brasília, DF: CGEE, 2013. p. 201-229.

MIELE, M.; SANDI, A. J. **Coeficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de frangos de corte e suínos na região Sul do Brasil, 2022**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 18 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 592).

MIELE, M.; SANDI, A. J.; KUNZ, A.; HENN, J. D. Impactos na infraestrutura de transporte na competitividade e nas emissões de gases de efeito estufa das exportações brasileiras de carne suína. In: TORRES, D. A. P.; LIMA FILHO, J. R. de; BELARMINO, L. C. (Ed.). **Competitividade de cadeias agroindustriais brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 15-67.

MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; MARTINS, F. M.; SANDI, A. J. O desenvolvimento da suinocultura brasileira nos últimos 35 anos. In: SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Ed.). **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 85-102.

OBSERVATÓRIO suíno 2024. 5. ed. São Paulo: Alianima, 2024. Disponível em: https://observatoriosuino.com.br/wp-content/uploads/2024/12/20241216_007_ALI_Observatorio_Suino_V04.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

SANTINI, G. A.; SOUZA FILHO, H. M. Mudanças tecnológicas em cadeias agroindustriais: uma análise dos elos de processamento da pecuária de corte, avicultura de corte e suinocultura In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. **Anais**... Cuiabá, SOBER, 2004. p. 1-12.

SANTOS FILHO, J. I. dos. A sustentabilidade econômica e social da produção de frangos e suínos em Santa Catarina e no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL., 2, 2012, Chapecó, SC. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. p. 94-105.

SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; CARON, L.; TALAMINI, D. J. D. Avicultura e suinocultura como fontes de desenvolvimento dos municípios brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA E SUINOCULTURA – SIAVS, 2015, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABPA, 2015. p. 427-430. 1 CD-ROM.

SANTOS FILHO, J. I. dos; MIELE, M.; MARTINS, F. M.; TALAMINI, D. J. D. Os 35 anos que mudaram a avicultura brasileira. In: SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Ed.). **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 59-87.

SANTOS FILHO, J. I. dos; SCHEUERMANN, G. N.; TALAMINI, D. J. D.; BERTOL, T. M. Impacto da logística brasileira no preço do milho e na cadeia produtiva do frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2017, Campinas, SP. **Anais**... Campinas: FACTA, 2017.

SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Potencial do Matopiba na produção de aves e suínos. **Revista de Política Agrícola**, ano 25, n. 2, p. 90-102, 2016.

TALAMINI, D. J. D. **An analytic review of the pig and poultry industries in Brazil and of the pattern of international trade in meats and poultry.** 1989. 393 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - University of Oxford, Oxford, 1991.

TALAMINI, D. J. D. Contribuições do melhoramento genético à avicultura de corte do Brasil. In: CONFERÊNCIA FACTA WPSA-BRASIL, 2022, Evento híbrido. **Anais**: avicultura o futuro é agora. Campinas: FACTA, 2022.

TALAMINI, D. J. D.; KINPARA, D. I. Os complexos agroindustriais da carne e o desenvolvimento do oeste catarinense. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, n. 2, p. 11-14, 1994.

TALAMINI, D. J. D.; LOPES, M. de R.; MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, A. J. de; LIMA FILHO, J. R. de; BARCELOS, F. C. Efeito das políticas públicas na cadeia produtiva do frango **Revista de Política Agrícola**, v. 18, n. 1, p. 21-35. 2009.

TALAMINI, D. J. D.; PINHEIRO, A. C. A.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **A contribuição da Embrapa na geração de novas tecnologias para suinocultura e avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 171).

TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. **Viabilidade do uso de DDGS e DDG de milho na alimentação de frangos e suínos em Santa Catarina**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 11 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 594).

TALAMINI, D. J. D.; VILAS-BOAS, J. Avanço tecnológico e sustentável das cadeias de frangos de corte e de suínos. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (Ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 158-163.

TALAMINI, D. J. D; ROSA, P. S; SANTOS FILHO, J. I. dos. Aves de postura. In: ALBUQUERQUE, A. C. S; SILVA, A. G. da. (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 975-985.

TALAMINI, D. J. D; SCHEUERMANN, G. N. Fatores que contribuíram para a evolução da suinocultura. In: ALBUQUERQUE, A. C. S; SILVA, A. G. da. (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 1009-1024.

TALAMINI, E. ; PEDROZO, E. A. Competitividade da cadeia exportadora de carne suína brasileira baseada na disponibilidade e implementação de programas de segurança alimentar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Anais**... Cuiabá: SOBER, 2004.

WATT GLOBAL MEDIA. **WATTPoultry**: top poultry companies. Rockford, 2024. Disponível em: Disponível em: https://www.wattagnet.com/top-poultry-companies. Acesso em: 27 mar. 2025.

WEDEKIN, V. S. P.; MELLO, N. de. Cadeia produtiva da suinocultura no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 1995.

WEYDMANN, C. L. O padrão concorrencial na agroindústria suína e as estratégias ambientais. In: GUIVANT, J. S.; MIRANDA, C. R. de (org.). **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura**: uma abordagem multidisciplinar. Chapecó: Argos, 2004. (Série Debates). p. 173-199.

ZANI, A. Preço dos grãos tem aliviado o custo da alimentação animal: milho e farelo de soja suficientes para abastecimento doméstico e exportações. **Sindirações - Boletim Informativo do Setor**, São Paulo, maio de 2024. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2024/05/boletim_informativo_setor_maio24_port_sindiracoes_05.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

CAPÍTULO 3

Contribuição técnica da genética na evolução da suinocultura brasileira

Elsio Antonio Pereira de Figueiredo, Jane de Oliveira Peixoto, Maurício Egídio Cantão, Adriana Mércia Guaratini Ibelli e Mônica Corrêa Ledur

Evolução da genética: do porco tipo banha ao suíno light | 1975–2010

Os suínos foram introduzidos no Brasil por Martin Afonso de Souza em 1532, que trouxe de Portugal as raças Alentejana, Transtagana, Galega, Bizarra, Beiroa e Macau. Essas raças portuguesas deram origem, ao longo de 400 anos de trabalho, às chamadas raças nacionais, destacando-se o Piau, Tatu, Canastra, Nilo, Caruncho, Pereira e Pirapitinga. Com a criação da Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), em 1958, teve início o controle genealógico dos suínos e a importação de raças exóticas, com o objetivo de melhorar a produtividade da criação e aumentar a produção de carne, já que a banha, principal produto das raças nativas, começava a perder espaço para os óleos vegetais.

A introdução de raças exóticas no país (como Duroc Jersey, Wessex Saddleback, Hampshire, Berkshire, Poland China, Large Black, Montana e Tamworth) foi liderado pelas associações de criadores a partir do final anos 1950, que promoviam a sua multiplicação através das granjas de reprodutores suínos, também denominadas "granjas de pedigree", que se concentravam no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Na década de 1970, a expansão das integrações das agroindústrias também incentivou a introdução de materiais genéticos importados, com o intuito de melhorar a matéria-prima disponível.

Foi nesse ambiente que a Embrapa passou a colaborar a partir de 1975. Em um primeiro momento, o grupo de pesquisadores da área de melhoramento genético decidiu aliar-se ao trabalho das associações de criadores, principalmente em Santa Catarina, vislumbrando avanços significativos na área com a simples transferência da tecnologia disponível. Essa parceria rendeu avanços importantes, como o aprimoramento dos processos de testagem de material genético e a criação dos Programas Estaduais de Melhoramento Genético de Suínos (PEMGS). Posteriormente, atendendo solicitações de agroindústrias de Santa Catarina, Paraná e do Rio Grande do Sul, a Embrapa ainda desempenhou papel importante na implantação do sistema de tipificação de carcaças de suínos.

O suíno light da Embrapa Suínos e Aves

Prevendo que a tipificação de carcaças criaria uma demanda por material genético capaz de atender o interesse da indústria e melhor remunerar o produtor, a Embrapa Suínos e Aves, com o apoio da Cooperativa Central Aurora, entregou em 1996 uma linha de macho terminador com alta concentração de carne na carcaça. O reprodutor foi chamado de Embrapa MS58, que também ficou conhe-

cido como suíno light. Os reprodutores Embrapa MS58 foram comercializados em 14 estados brasileiros, chegando a contribuir, em 1999, para a produção de 1.178.452 suínos de abate, que representavam 6,1% do abate de suínos inspecionados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF).

Dados levantados junto aos produtores que utilizaram os machos terminadores Embrapa MS58 mostraram que houve uma melhoria de 5% na conversão alimentar e um aumento de 3% no percentual de carne das carcaças dos suínos de abate. Isso representou, em 1999, um retorno econômico extra para os produtores da ordem de US$ 3,182 milhões. Em 2000, também em parceria com a Aurora, foi disponibilizado o Embrapa MS60, reprodutor aprimorado e livre do gene halotano. Esse trabalho de desenvolvimento foi realizado na granja Núcleo Aurora III, utilizando machos e fêmeas das raças Duroc (D) e Large White (LW) e sêmen de machos Pietrain (PI) importado da Alemanha.

"O MS58, **suíno light da Embrapa**, foi lançado em 1996. Depois, foram desenvolvidas outras duas versões do reprodutor: o MS60 e o MS115."

A parceria entre a Embrapa e a Aurora também rendeu uma terceira geração do suíno light. A linhagem MS115 foi concebida para uma nova realidade do mercado de carne suína, a dos animais mais pesados ao abate (acima de 115 kg de peso vivo). Essa linhagem, lançada em 2008, continuou com a mesma formação de raças da linhagem antecessora, o MS60. Dessa forma, manteve características como o alto potencial genético para carne na carcaça (acima de 62%), reduzida espessura de toucinho e ótima conformação, com excelente concentração de carne no lombo, pernil e paleta. O MS115 garantia o repasse aos seus descendentes (ou seja, animais de abate) de percentual de carne na carcaça superior a 58%, porém ampliando o ganho genético para conversão alimentar. Outras contribuições importantes da Embrapa na área da genética de suínos, entre 1975 e 2010, foram a proposição do abate de machos inteiros e os trabalhos de preservação das raças de suínos nativas do Brasil.

Contribuição técnica da genética na evolução da suinocultura brasileira

A genética suína desempenha um papel fundamental na produtividade e competitividade da suinocultura brasileira. Atualmente, diversas empresas de genética suína atuam no país, fornecendo híbridos comerciais de alto desempenho, tanto para linhas de machos terminadores quanto para fêmeas de alta produtividade, atendendo às principais empresas do setor.

De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), em 2024 foram emitidos os seguintes quantitativos de registros genealógicos: Agroceres PIC 115.722 (41,04%), Topigs Norsvin 56.186 (19,92%), DB Genética Suína 52.260 (18,54%), BRF 22.024 (7,80%), DNA South America 6.085 (2,16%), Topgen Genética Suína 5.921 (2,10%), Hendrix Genetics 4.752 (1,68%), Choice Genetics 4.185 (1,48%) e granjas independentes (Copercentral Aurora, Biribas Genética de Suínos, Embrapa-CNPSA, Granja Peru, Granja São Roque-Sulina, Granja Iguaçú-Young, Granja Santa Clara-Cosuel/Dália, Pamplona Alimentos S/A e outras, que registraram 14.867, equivalente a 5,28% do total). Esse percentual de registros emitidos por cada empresa representa aproximadamente a parcela que cada empresa tem do mercado de genética suína no Brasil.

Nesse cenário, a Embrapa Suínos e Aves tem desempenhado um papel estratégico no avanço da genética suína nacional, contribuindo para a conservação de recursos genéticos e o desenvolvimento de linhagens mais eficientes. Desde

a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos, em 1975, até os projetos desenvolvidos entre 2010 e 2024, a instituição tem sido um pilar na inovação e melhoria da suinocultura brasileira. A Unidade desenvolve programas de melhoramento genético para aprimorar características reprodutivas, de eficiência produtiva, qualidade da carne e resistência a doenças em suínos. Esses programas visam reduzir a dependência da importação de material genético e fortalecer a produção nacional. As informações da ABCS permitem inferir que cerca de 15% do mercado nacional de genética suína é atendido com programas de melhoramento genético de empresas nacionais apoiadas pela Embrapa.

O trabalho da Unidade tem colaborado com empresas como BRF e Pamplona em programas avançados de melhoramento genético. A Embrapa também tem atuado na seleção, teste e fornecimento de reprodutores das raças Duroc, Landrace, Large White, Moura, Pietrain e Berkshire, além das linhas sintéticas MS115 (machos terminais) e MO25C (fêmeas para produção de leitões de alta qualidade). Esses materiais são estrategicamente disponibilizados para granjas de reprodutores suídeos certificadas (GRSC) e produtores empreendedores com genética e com carne suína nos vários estados brasileiros.

Nos últimos 15 anos, uma das atuações da Unidade na área de genética suína esteve voltada para projetos de pesquisa dedicados à manutenção e ampliação do Núcleo de Conservação Genética de Suínos da Raça Moura, iniciado em 2001. Esse trabalho foi viabilizado por meio de projeto com a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Mais recentemente, teve o apoio da Granja Biriba's, o que possibilitou o resgate de machos e fêmeas representativos da raça em alguns estados da Federação, ampliando a base genética do núcleo. Além disso, a introdução de exemplares da raça Moura em granjas GRSC contribuiu para a sua disseminação em diversos estados, com destaque para o Paraná.

A raça Moura, de origem do Sul do Brasil, com importante contribuição dos três estados para o seu resgate, é muito procurada por produtores interessados em iniciar ou melhorar suas criações de suínos voltados para qualidade de carne e para criações alternativas. Os estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina são os principais em termos de procura, o que favoreceu a formação de um novo plantel dessa genética em granja GRSC, contribuindo no resgate da raça. Há um movimento nos estados da região Sul do Brasil, liderados pelas Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para o resgate dessa raça do perigo de extinção, alimentado principalmente pelo projeto de conservação genética da Embrapa. Esses interessados estão se abastecendo de material genético na Embrapa e na Granja Biriba's e desenvolvendo iniciativas de produção de carne suína de qualidade, a qual começa a aparecer como produto nobre nas casas de carne desses estados.

Como importante avanço na atividade de recuperação/conservação desse recurso genético, a Assembleia Legislativa do Estado do Paraná aprovou, em audiência pública em 6 de agosto de 2024, o projeto de lei que reconhece a raça Moura como patrimônio imaterial daquele estado. Esse ato contou com a presença de todos os órgãos públicos para o alinhamento estadual no cumprimento das ações que visam garantir o desenvolvimento de sistemas produtivos relacionados com a cultura do Paraná.

Linhas puras selecionadas para características maternas

A Embrapa Suínos e Aves liderou nesse período um projeto voltado ao desenvolvimento de estratégias para uso e para o melhoramento genético da produtividade, rendimento industrial e qualidade de carne das raças e linhagens de suínos brasileiras com planos de ação para melhoramento genético de linhas fêmeas (das raças Landrace, Large White e Moura) e também de linhas macho (das raças Duroc, Pietrain e Large White).

Entre as linhas fêmeas, as raças Landrace, Large White e Moura, selecionadas para características de linhas maternas, estiveram em pleno desenvolvimento ao longo da condução do projeto, com níveis variados de desenvolvimento dentro de cada raça, devido às diferenças organizacionais e o tamanho do mercado de cada granja selecionadora. Várias granjas GRSC foram fortalecidas com as ações do projeto e atualmente disputam mercado de reprodutores suínos de qualidade nos vários estados brasileiros. Em 2012, todas as granjas interessadas participaram do pacote, que dividiu custos para a importação de sêmen Landrace e Large White para ampliar as respectivas bases genéticas dessas duas raças puras. Uma segunda importação foi efetuada em 2016, também nos mesmos moldes da primeira.

Formação de matrizes fêmeas a partir de ações da Embrapa

As matrizes fêmeas GA2012, da Cooperativa Central Aurora (híbridas F1, entre as raças Landrace e Large White), e MO25C, da Embrapa (híbridas tricross entre as raças Landrace, Large White e Moura), continuaram em desenvolvimento com estudos para estimativas das exigências nutricionais para as duas linhagens. A genética GA2012 continuou em desenvolvimento na Aurora e a genética MO25C foi colocada para multiplicação por granjas GRSC, pois era uma nova matriz, de propriedade da Embrapa Suínos e Aves. As granjas licenciadas para multiplicação foram a Granja Bagdá, Cabanha Emboque e a Granja Samollé.

Evolução da genética Embrapa apresenta a fêmea MO25C

A evolução dos suínos light e do programa de melhoramento genético suíno da Embrapa não parou apenas nas linhagens de reprodutores terminais. Em 2014, quando o Programa de Melhoramento Genético de Suínos completou 18 anos, a Embrapa lançou a fêmea suína Embrapa MO25C (Figura 3.1), que foi concebida para ser versátil, com boa produção de leitões e com capacidade para transmitir melhor qualidade de carne aos suínos de abate. Voltada para sistemas de produção que abastecem supermercados, churrascarias, restaurantes, mercado diferenciado e produtos curados (presunto, copa, salame), que exigem cada vez mais qualidade de carne in natura, a MO25C pode ainda ser utilizada por sistemas intensivos que produzem carne para industrialização. Essa opção de trazer qualidade da carne também pelo lado da fêmea é pouco explorada no Brasil. Geralmente, todas as linhas fêmeas são especializadas na produtividade de leitões. Esse foi um espaço percebido pela Embrapa com potencial de trazer benefícios para a produção de carne de qualidade, especialmente para produtores independentes e de pequenas integrações.

A escolha do nome MO25C está ligada ao cruzamento utilizado no desenvolvimento da linhagem. Foram utilizados suínos da raça Moura, muito difundidos na região do Sul do Brasil nas primeiras décadas do século passado, sem registros de sua origem. Conforme mencionado anteriormente, preocupados com a extinção da raça e a perda de genes importantes para o melhoramento genético, pesquisadores resgataram alguns rebanhos com a colaboração de vários produtores tradicionais e da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e iniciaram os estudos de viabilidade do uso dos mouras para melhorar a qualidade da carne.

O desenvolvimento da nova linhagem foi possível também por conta de um contrato de parceria entre a Embrapa e a Granja Canadá, além de dois contratos de multiplicação dessa linhagem com a Granja Samollé e a Cabanha Emboque. O objetivo da parceria foi integrar esforços para o desenvolvimento de uma tecnologia de melhoramento genético da qualidade da carne suína, utilizando como base as raças Landrace, Large White e Moura.

Há uma variedade de linhas fêmeas de suínos disponíveis no mercado brasileiro, todas voltadas para a alta produção de leitões e alta produção de carne. Como as linhas machos disponíveis são também voltadas para alta produção de carne e eficiência alimentar, os leitões de abate herdam essas características, mas não oferecem garantias de boa qualidade de carne. Como resultado, a carne suína produzida no Brasil, na média, não apresenta índices altos em indicadores como marmorização, retenção de água, pH e coloração. Por essa e outras razões, a carne suína brasileira é destinada principalmente para a industrialização.

Figura 3.1. Fêmea suína Embrapa MO25C apresenta alta prolificidade.

Diante dessa realidade, há uma grande lacuna para inovação em qualidade da carne suína para mercados especiais, principalmente aqueles destinados ao consumo de carne in natura e para a fabricação de produtos nobres, como os curados de alta qualidade (Figura 3.2). A Embrapa, ciente dessa lacuna e com expertise de pesquisa, desenvolveu estudos para encontrar uma linha fêmea com uma composição semelhante às existentes no mercado, isto é, com boa produção de leitões e boa produção de carne, mas com melhores indicadores de qualidade dessa carne. Também seria necessário apresentar maior potencial de rusticidade para uso em sistemas de produção menos intensivos, como os sistemas ao ar livre e orgânicos, que tendem a produzir carne de melhor qualidade e com maior valor agregado. Aliado a essas características de rusticidade, a reposição de leitoas da própria granja reduziria o potencial de entrada de microrganismos, facilitando a redução/retirada dos antimicrobianos como preventivo de doenças.

A nova linhagem da Embrapa foi considerada uma novidade importante na suinocultura brasileira, criando oportunidades para pequenos produtores de suínos investirem em negócios com potencial de maior agregação de valor aos ingredientes produzidos nas propriedades rurais e também para as pequenas cooperativas familiares interessadas em produtos nobres de carne suína. Com a oferta da MO25C, muitos produtores e empreendedores repensaram seus negócios, convertendo-os para sistemas de produção mais sustentáveis e com menor utilização de medicação, enfatizando a melhor qualidade da carne e iniciando agroindústrias de suínos com essa visão.

Foto: Lucas Scherer

Figura 3.2. Presunto curado feito a partir de genética da Embrapa.

Pesquisa em nutrição resulta em carne com alto teor de ômega 3

Para atender melhor às necessidades e expectativas dos produtores e, consequentemente, dos consumidores, a Embrapa também desenvolveu uma pesquisa para agregar valor à carne dos suínos light por meio da nutrição. Ou seja, paralelamente ao desenvolvimento da fêmea suína MO25C, pesquisadores da área de qualidade da carne trabalharam em um experimento de adição de óleos na ração dos animais, que resultou em uma carne com alto teor de ômega 3, um ácido graxo que atua de diversas formas na melhoria da saúde humana.

A exemplo de outros países, onde nichos de mercado são ocupados por uma grande variedade de produtos de origem animal com qualidade e valor diferenciado, a Embrapa buscou desenvolver esta opção para o mercado nacional, a qual se adequa tanto à produção em sistemas convencionais, com suínos melhorados para produção de carne magra, quanto a sistemas alternativos de produção com genótipos diferenciados. A pesquisa, que contou com a parceria da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), foi realizada com suínos criados em sistema convencional e alimentados com rações normais, baseadas em milho e farelo de soja, até o início da fase de terminação (aproximadamente 130 dias de idade).

Depois, os suínos passaram a receber uma dieta de milho e farelo de soja, mas com a inclusão de 1,5% de óleo de canola e 1,5% de óleo de linho, além de farelo de trigo (12,0 a 14,0%) para evitar aumento excessivo da energia da ração durante os últimos 42 dias de vida. Para isso, foram utilizados suínos do genótipo da MO25C, de alta qualidade de carne, que produzem carne com conteúdo de marmoreio mais elevado do que as raças industriais selecionadas para alta produção de carne magra.

Linhas puras selecionadas para características paternas

Ainda no projeto de melhoramento genético, as linhas puras das raças Duroc, Pietrain e Large White tiveram suas famílias de machos ampliadas com a importação de sêmen dos Estados Unidos. O trabalho de seleção em cada núcleo genético continuou com a coleta de dados reprodutivos e de desempenho pós-desmama, que são mais importantes para a seleção de linhas paternas. Machos e fêmeas de reprodução da Embrapa têm sido colocados à venda para outras granjas GRSC que mantêm interesses nessas linhas. Além das granjas de genéticas globais, existem outros selecionadores de raças puras para formação de linhas macho no Brasil.

As granjas Biriba's, Peru, São Roque, Bonita, Pomerode, Altamir e a Cabanha Emboque são as com maior plantel de suínos das raças Pietrain, Duroc e Large

White que selecionam para linhas macho. Tais granjas adquiriram sêmen importado dos Estados Unidos e também se abasteceram de famílias dessas raças no Núcleo Genético da Embrapa, sendo capacitadas por meio de curso de melhoramento genético, inseminação artificial pós-cervical e uso de sêmen congelado. Essas granjas vendem cachaços terminais para uso em inseminação artificial e para monta natural, atuando como fornecedores de produtores independentes em todo o Brasil. Entre os reprodutores comercializados estão os puros e os cruzados. Com o sêmen importado, houve melhoria da base genética dessas granjas.

Com o trabalho da Embrapa, tornou-se factível a ampliação desses plantéis e o uso da seleção de maneira mais objetiva, que poderá ser ampliado com o uso da genética molecular no futuro. Foi dada especial atenção à seleção contra o gene do halotano (gene do estresse), sendo que a Embrapa Suínos e Aves aperfeiçoou um teste de laboratório e tem regularmente testado animais suspeitos. Na Granja Peru e na granja da Embrapa, todos os animais de origem Pietrain foram testados.

Teste facilita detecção do gene da hipertermia maligna dos suínos

A hipertermia maligna, ou síndrome do estresse suíno, é uma condição bem conhecida na suinocultura, especialmente pelas perdas causadas. Os produtores e a indústria têm desenvolvido estratégias para prevenir esse problema nas últimas décadas, eliminando o alelo recessivo de seus plantéis devido à maior incidência de carne pálida, flácida e exsudativa (PSE) e menor rendimento de carne processada em animais portadores, o que é uma fonte de perda econômica para o setor de carne, além da mortalidade no pré-abate.

Contudo, alguns produtores mantêm animais heterozigotos por apresentarem melhor eficiência alimentar, maiores rendimentos de carcaça e maior conteúdo de carne magra em relação aos demais genótipos. Isso dificulta o controle do alelo deletério, o qual é mantido em baixa frequência nas populações. Assim, dois testes específicos foram desenvolvidos e estão disponíveis para a detecção do gene do halotano, sendo que houve 100% de concordância entre as genotipagens obtidas nos dois testes (Ibelli et al., 2022). Além disso, o uso de sondas Taqman-MGB e real-time PCR pode substituir a técnica de PCR-RFLP no diagnóstico do gene halotano em suínos, apresentando a mesma eficiência da tecnologia mais antiga e possibilitando a realização do teste em menor período de tempo.

Embrapa mantém aperfeiçoamento contínuo do macho MS115

A linha de macho terminador MS115 vem sendo desenvolvida continuamente desde 2008 a partir da seleção para características pós-desmame, como

ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de carne. Foram calculados índices de seleção para atender essa nova fase. Plantéis dessa linhagem têm sido licenciados para granjas GRSC produzirem e colocarem no mercado matrizes macho MS115. Essa genética continua sendo um ativo importante gerado pela Embrapa para suprimento de reprodutores de alta qualidade para o mercado independente de produção de suínos de abate.

As importações de sêmen realizadas foram importantes para melhorar e atualizar o potencial genético das raças e linhagens puras existentes nos planteis das granjas GRSC que atuam no mercado independente, fornecendo reprodutores suínos melhorados e com registro genealógico para todo o Brasil. Com essas importações, a Embrapa Suínos e Aves, além de melhorar geneticamente seus núcleos genéticos de raças puras com a introdução de novas famílias de machos, aperfeiçoou a linhagem do reprodutor terminal MS115, principal produto disponível para a produção de leitões de abate. A Embrapa também montou um banco de sêmen congelado, das raças puras citadas neste texto, para uso interno e para projetos estratégicos com parceiros em genética suína.

A volta da raça Berkshire (BS) a partir de ação da Embrapa

Com a importação de sêmen de oito doadores de diferentes famílias de Berkshire, de origem norte-americana, a Embrapa Suínos e Aves iniciou um protocolo de formação de uma linha pura da raça Berkshire, por cruzamento absorvente. A linha pura formada pela Embrapa visou a qualidade de carne e rusticidade com vistas ao mercado interno, mas com possibilidade de contribuir também para o mercado de exportação de carne suína brasileira.

O sêmen importado foi utilizado para produzir diferentes famílias de fêmeas das raças Moura (MO) e Duroc (DU) como receptoras para produzirem as fêmeas cruzadas:

- **Fase 1:** Utilizou sêmen congelado importado da raça Berkshire na raça Moura para formar o rebanho de fundação: (1/2) BS_{50}:MO_{50}; (3/4) BS_{75}:MO_{25}; (7/8) $BS_{87,5}$:$MO_{12,5}$; (15/16) $BS_{93,75}$:$MO_{6,25}$; (31/32) $BS_{96,875}$;$MO_{3,125}$;
- **Fase 2:** Utilizou reprodutores $BS_{93,75}$:$MO_{6,25}$ e $BS_{96,875}$; $MO_{3,125}$ nas raças Moura e Duroc para aumentar o número de famílias de fêmeas e completar o plantel fundador;
- **Fase 3:** Após o plantel fundador estar formado com pelo menos nove famílias de fêmeas, será feita nova importação de sêmen para trazer novas famílias de machos e expandir o núcleo genético para outras granjas GRSC.

Na fase 1, a Embrapa iniciou a disponibilização de reprodutores de todos os genótipos cruzados para produtores interessados na diversificação de seus sistemas de produção e na qualidade da carne suína. Vários produtores empreendedores se interessaram em investir nesse tipo de criação e uma granja GRSC investiu na multiplicação e distribuição dessa genética.

Transferência de tecnologia e licenciamento dos ativos

Contratos de multiplicação da linhagem Embrapa MS115

A Embrapa Suínos e Aves conta com a parceria dos selecionadores e multiplicadores de material genético suíno para executar projetos de melhoramento genético de suínos. Vários multiplicadores da linhagem MS115 são parceiros na execução dessa atividade, mantendo contratos de multiplicação com a Embrapa que permitem a comercialização do MS115 em todo o Brasil. Isso tornou possível que a linhagem ocupasse até 12% do mercado brasileiro de reprodutores terminais.

Contrato com a Copérdia viabiliza entrega de reprodutores

Uma parceria da Embrapa Suínos e Aves com a Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copérdia) tem sido fundamental para entregar a produtores de suínos de todo o país material genético para o melhoramento dos rebanhos de raça pura e dos que produzem animais de abate.

Banco de sêmen suíno preenche lacuna estratégica para o país

Para uma atividade com tamanha importância como a suinocultura, é necessária a existência de fornecedores de genética de ponta, tanto para as grandes agroindústrias como para as pequenas cooperativas e produtores independentes ou para projetos especiais de mercados de nicho e pesquisas científicas. A dificuldade de obtenção de sêmen suíno de qualidade para usos estratégicos é muito grande na medida em que as empresas comerciais de genética suína não disponibilizam sêmen para estudos concorrentes do seu negócio. É estratégico para o País dispor de um banco de sêmen de todas as raças de interesse e de uma central de inseminação capaz de coletar, envasar e congelar sêmen para tais clientes.

A Embrapa atua estrategicamente nessa área e criou um banco de sêmen das várias raças suínas necessárias ao Brasil. Também tem parceria com a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia para raças nativas que necessitam

de programas de conservação genética. A central de cachaços da Embrapa Suínos e Aves foi reformada e documentada no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para difusão do sêmen das raças Moura, Landrace, Large White, Duroc, Pietrain, MS115 e MO25C.

Contrato de parceria disponibiliza sêmen suíno para centrais

Com o objetivo de integração de esforços para a coleta e distribuição de sêmen suíno proveniente de reprodutores do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa, sejam eles sintéticos ou de raças puras, a Unidade mantém parceria com as associações de criadores de suínos dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Esses contratos permitem o alojamento de cachaços do programa de melhoramento genético da Embrapa nas centrais de sêmen mantidas por essas associações.

Também inclui a oferta de sêmen suíno fresco e congelado de genética moderna para produtores de material genético de granjas GRSC de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul que não têm acesso a esse recurso genético de outra forma. No contrato com a ACCS, ainda há uma cláusula para realizar pesquisas sobre a qualidade de sêmen dos cachaços e sobre a qualidade da leitegada de materiais provenientes dessa central e de granjas parceiras da Embrapa, desde que não infrinjam as normativas vigentes para centrais de sêmen suíno.

Nutrição e estudos sobre ponto ótimo de produção na suinocultura

O trabalho de pesquisa da Embrapa deu atenção ainda à questão de nutrição e desempenho, fatores cruciais para a suinocultura. Um dos resultados estimou as exigências de lisina dos leitões fêmeas, machos castrados e machos inteiros/imunocastrados. A lisina é considerada um aminoácido essencial para manutenção, crescimento e produção de suínos e aves e tem como principal função a síntese de proteína muscular.

A Embrapa estabeleceu recomendações sobre o peso de abate dos leitões, especialmente para os genótipos MS115 e MO25C, considerando custos de produção em diferentes cenários de preço da alimentação. A variação no custo da ração influenciou o peso ideal de abate para minimizar o custo por quilo de suíno vivo, carcaça e carne magra. Nas fêmeas, o menor custo médio por quilo de peso vivo e carcaça ocorreu com o abate aos 133,9 kg, no custo padrão, e aos 141,9 kg, com redução de 20% no preço da ração.

Para os machos, o menor custo foi aos 148,4 kg no custo médio da ração, e caiu para 137,9 kg no caso de aumento de 20% no custo da dieta. Já o peso

de abate com menor custo por quilo de carne foi menor em todos os cenários devido à redução da porcentagem de carne magra em animais mais pesados. O ponto ótimo de produção depende da relação entre receita marginal e custo marginal, variando conforme o modelo de remuneração do produtor e as demandas da indústria. Enquanto grandes carcaças reduzem custos de manufatura para a indústria, produtores pagos por animal vivo percebem sua renda como fixa, influenciando decisões de abate.

Os leitões do genótipo MS115-DC x MO25C produziram carne de alta qualidade, mas o abate tardio (130 kg) sem restrição alimentar prejudicou o crescimento e a qualidade da carcaça. O abate em pesos elevados só é recomendado para aumentar a gordura intramuscular, sem impacto significativo em outras características da carne. Embora o maior peso de abate eleve o custo de produção, o alto teor de gordura intramuscular pode beneficiar a comercialização de carne magra e produtos curados. Para reduzir a gordura subcutânea em suínos acima de 100 kg, recomenda-se o uso da restrição alimentar.

Melhoramento genético segue exemplo norte-americano

O suíno utilizado na produção comercial brasileira provém de vários programas de melhoramento genético, sendo alguns de empresas globais e outros de empresas brasileiras e de produtores de raça pura. Algumas agroindústrias produzem parte ou todo o material genético utilizado. As empresas brasileiras de genética, as agroindústrias e os produtores de raça pura registram os animais de raça pura e cruzados na ABCS. Da mesma maneira que os norte-americanos, também os brasileiros necessitam de um referencial teórico, de recomendações técnicas e operacionais e de equipamentos apropriados para os testes de desempenho, para a estimativa confiável do valor genético dos animais e também para o uso adequado dos animais melhoradores na estrutura piramidal do fluxo genético no sistema produtivo, o que não existe no Brasil.

O melhoramento genético nos suínos inclui mais do que o melhoramento da eficiência da produção suína. É necessário aprimorar também a qualidade do produto para garantir a sobrevivência da indústria suína. Para se alcançar essas metas, é necessário um programa sistemático, organizado, envolvendo os produtores de suínos, as organizações de suinocultores e os processadores de carne suína, a exemplo do que é feito nos Estados Unidos, Canadá, Dinamarca, França e Alemanha, entre outros países.

Por que seguir o exemplo norte-americano? Grande parte das empresas que fazem material genético suíno para o Brasil traz os insumos que utiliza via Estados Unidos (por questões de logística e de atestado zoosanitário), sendo que

algumas delas seguem o sistema norte-americano de melhoramento genético. Com isso, o material genético que temos no Brasil não difere muito do existente nos Estados Unidos e, portanto, os índices de seleção utilizados lá podem ser um ótimo ponto de partida para programas brasileiros.

As características principais de um programa de melhoramento genético de sucesso incluem: (1) medições nos animais das características economicamente importantes de forma consistente e acurada; (2) uso de análise de dados apropriada e processos de avaliação genética; e (3) uso desses resultados na seleção do material genético. Diante desse contexto, a Embrapa produziu um documento com recomendações do Programa da Federação Americana de Melhoramento Genético de Suínos (NSIF) (Robison, 1997), servindo como referencial e com recomendações necessárias para aqueles que necessitam de auxílio na tarefa de melhorar geneticamente as raças e linhas de suínos comercializadas no Brasil.

A intenção da Embrapa é, nos próximos anos, publicar um documento com as principais especificidades da suinocultura brasileira. Para tanto, a Unidade aprovou em parceria com outros centros da Embrapa, universidades, agroindústrias e selecionadores de material genético puro, além da ABCS, dois projetos de pesquisa e desenvolvimento em melhoramento genético e em genética molecular para programas de melhoramento genético de suínos. Os projetos visam de maneira estratégica complementar o esforço que o setor privado (empresas de genética e selecionadores) vêm fazendo em prol da melhoria genética do rebanho suíno brasileiro.

Desempenho de reprodutores da linhagem Embrapa MS115

Um acordo de cooperação técnica e financeira firmado entre a Embrapa Suínos e Aves e a empresa Topgen objetivou a integração de esforços para avaliar o desempenho de reprodutores da linhagem Embrapa MS115 em cruzamentos com as linhagens de matrizes suínas Topgen, AGPIC e Topigs em comparação com reprodutores AGPIC e Topigs. A ação gerou um banco de dados de desempenho zootécnico dos leitões para fins de ampliação da adoção do ativo tecnológico da Embrapa no sistema de produção nacional.

Pesquisas investem na resistência genética de doenças em suínos

A Embrapa Suínos e Aves desenvolve programas de melhoramento genético para aprimorar características reprodutivas, de eficiência produtiva, qualidade da carne e resistência a doenças em suínos. O projeto em andamento tem como objetivo, além de manter a seleção para alto desempenho reprodutivo e pós-desmama

nas linhas fêmeas, e para eficiência produtiva e rendimento nas linhas macho, selecionar animais com resistência à diarreia dos leitões, reduzir a dependência da importação de material genético e fortalecer a produção nacional. A resistência genética às doenças também é prioridade e tem sido incluída nas pesquisas de melhoramento genético dos suínos brasileiros, a exemplo do programa de melhoramento genético de suínos da Suíça. A incidência de diarreia neonatal (*E.* coli F4) e doença do edema (*E.* coli F18) é alta na maternidade e creche, sendo controlada pelo uso de antimicrobianos. A seleção para resistência genética pode reduzir o uso de antimicrobianos e contribuir para a produção de carne mais segura.

Raça Nilo-Canastra é incluída em núcleo genético da Embrapa

O mercado brasileiro tem crescente demanda por suínos do tronco ibérico devido à qualidade da carne. Entre as raças nacionais, destacam-se a Moura, Piau e Nilo-Canastra. Atualmente, apenas Moura e Piau possuem registro genealógico. A Moura tem 2.355 animais registrados em livro genealógico aberto. Já a Piau tem 1.250 animais registrados, mas sem plantéis ativos e com livro fechado. A raça Nilo-Canastra não possui registro, apesar da alta procura devido à reputação da carne, similar ao Porco Preto Ibérico utilizado na produção do presunto "Pata Negra" em Portugal e Espanha. Diante do crescente interesse por porcos pretos brasileiros, a Embrapa incluiu no seu projeto a formação de um núcleo genético da raça Nilo-Canastra, com seu resgate, conservação e melhoramento genético para selecionar animais de qualidade superior e rusticidade entre os criadores do Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Atualmente, a empresa Fabene Alimentos (Itu, SP) é um bom exemplo de empreendimento de sucesso que inspira esse resgate. A empresa já comercializa carne suína da raça Nilo-Canastra com valor agregado, e outros empreendedores também seguem esse mesmo objetivo.

Estudos em genômica aplicados à genética de suínos

Genômica para apoio ao melhoramento genético de suínos

A partir de 2009, a linha de pesquisa de genômica aplicada à produção de suínos passou a atuar no apoio aos programas nacionais de melhoramento genético. A ação da Embrapa foi importante devido à vulnerabilidade do País quanto ao material genético de suínos, uma vez que a maior parte da genética utilizada na suinocultura brasileira vem de grandes multinacionais do setor. Para isso, se iniciou a parceria com a então Sadia, que detinha o maior programa nacional de melhoramento de suínos do Brasil.

Naquele mesmo ano, foi iniciado o processo de fusão da empresa com a Perdigão, o que deu origem à Brasil Foods, hoje BRF. Assim, foi aprovado um grande projeto financiado pela Embrapa e intitulado Identificação de genes de interesse para a suinocultura por meio da genotipagem de SNPs em grande escala e comparação de metodologias de seleção em programa de melhoramento genético nacional - SNPsuino. Este projeto visou o desenvolvimento de metodologias de seleção genômica, estudos de associação global do genoma (GWAS) e a comparação de estratégias de seleção em linhas fêmeas de suínos.

Um segundo projeto foi aprovado junto ao CNPq, chamado de Desenvolvimento de metodologias e ferramentas para aplicação da genotipagem de SNPs em grande escala em programas de melhoramento genético - Genoprot. Este foi focado no estudo de características transmitidas pelas linhas paternas. Com a realização desses dois projetos, foi possível obter base de dados de genótipos, fenótipos e pedigree de linhas fêmea (SNPsuínos) e linhas macho (Genoprot). Assim, foi desenvolvida uma base de dados robusta, que envolve milhares de dados fenotípicos, genotípicos e de pedigree de um Programa Nacional de Melhoramento de Suínos. Isso permite analisar animais que representam a base de um programa de melhoramento genético de suínos.

Além da parceria com a BRF, a realização dos projetos permitiu a formação de uma rede de pesquisa que envolvia outras Unidades da Embrapa, como a Informática Agropecuária, Gado de Leite, Gado de Corte, Pecuária Sul e Recursos Genéticos e Biotecnologia, representantes da Universidade Estadual Paulista (Unesp-Jaboticabal), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e do Mapa. O projeto SNPsuínos rendeu vários prêmios para a equipe, principalmente por ter reunido a principal massa crítica em genômica animal do País.

A continuidade dessa linha de pesquisa foi garantida com a aprovação de um grande projeto no Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com o objetivo de estabelecer uma plataforma nacional de melhoramento genético de suínos. A plataforma tecnológica disponibilizada para a operação de programas de melhoramento genético nacionais de suínos permitiu a implementação da seleção genômica na BRF e também o início em outras agroindústrias, como a Pamplona. A plataforma foi composta por cinco módulos independentes: (1) sistema de informação, (2) genética quantitativa, (3) bioinformática, (4) genômica e (5) imputação. A aplicação de cada módulo é se desenvolve de acordo com o nível tecnológico de cada programa de melhoramento.

Esses módulos compreendem desde o sistema de informação da granja de melhoramento, visando melhoria na coleta dos dados fenotípicos e armazenamento dos dados genômicos, até o suporte para a imputação de genótipos aplicável a

programas onde a seleção genômica estiver implantada. Os resultados dessa linha de pesquisa impactam diretamente na melhoria de produtos e processos na agroindústria e também podem subsidiar políticas públicas relacionadas ao melhoramento genético no Brasil.

As grandes multinacionais estrangeiras de genética de suínos controlam mais de 80% do mercado nacional de reprodutores e, assim, regulam o preço e, principalmente, a qualidade do material genético ofertado ao setor produtivo. Essas empresas já estão desenvolvendo e aplicando tecnologias genômicas em seus programas de melhoramento há vários anos. Assim, esta linha de pesquisa representa um esforço conjunto na tentativa de evitar a dependência da suinocultura nacional de programas genéticos internacionais, sendo o passo inicial da aplicação dessas tecnologias em material genético nacional. Atualmente, para que os programas nacionais de genética de suínos permaneçam competitivos, é imprescindível que haja um esforço conjunto das instituições de pesquisa nacionais para viabilizar a utilização de tecnologias que estão na fronteira do conhecimento.

Os resultados das pesquisas fornecem subsídios para o progresso das estratégias de melhoramento genético, permitindo uma seleção mais acurada, impactando assim na redução da dependência tecnológica e no avanço do conhecimento técnico-científico nacional. Além disso, a produção de material genético próprio, de alto potencial genético, pela utilização das metodologias, ferramentas e estratégias de seleção desenvolvidas neste projeto, permite a produção de reprodutores de maior eficiência e menor custo em relação aos adquiridos de empresas de genética internacionais, os quais possibilitarão significativos ganhos na eficiência produtiva e, consequentemente, na redução dos custos da cadeia de produção nacional de suínos. Os resultados obtidos a partir desta rede de pesquisa estão sendo incorporados gradativamente em programas de seleção, de forma cumulativa, beneficiando toda a cadeia produtiva e a sociedade de forma geral.

Identificação de genes de interesse na suinocultura brasileira

A linha de pesquisa voltada aos genes de interesse objetiva identificar genes candidatos funcionais, regiões genômicas, mutações causais e mecanismos moleculares envolvidos na manifestação de características de interesse econômico ou anomalias que causam prejuízos à produção de suínos. Entre eles, destacam-se os problemas locomotores, as anomalias hereditárias (como hérnias e criptorquidismo) e os distúrbios como a síndrome da torção do mesentério (TM), além de diferenças na resposta à vacinação. Para isso, diversas metodologias genômicas são aplicadas utilizando o sequenciamento de nova geração (RNA-Seq

e exoma) e genotipagem com painéis de SNPs (GWAS), além da validação por PCR quantitativa (qPCR). Assim, por meio da integração de abordagens genômicas, tem sido possível avançar no conhecimento do controle de anomalias e outros fenótipos desfavoráveis.

A partir desse conhecimento, busca-se desenvolver métodos de diagnóstico de suínos portadores de alelos que predispõem ao aparecimento dessas características desfavoráveis, como a torção do mesentério, visando o uso na seleção genética para reduzir a incidência desses problemas. O conhecimento gerado nesses projetos permite visualizar muitas possibilidades de pesquisas futuras envolvendo genômica aplicada ao melhoramento genético e, também, em interação com áreas como nutrição e manejo.

Os transcriptomas dos tecidos dos anéis herniários de suínos normais e afetados com hérnias escrotais e umbilicais foram depositados em base de dados pública como bioprojetos no National Center for Biotechnology Information (NCBI). Estes foram os primeiros transcriptomas desses tecidos a serem depositados e essas sequências servem para o enriquecimento das bases de dados públicas, permitindo avançar o conhecimento sobre o genoma funcional do suíno doméstico em resposta a condições que afetam negativamente a produção.

Além disso, os exomas, inéditos para suínos no Brasil, foram gerados e analisados, permitindo a caracterização das regiões codificadoras dos milhares de genes no genoma suíno. Uma vez que o suíno é modelo animal para diversas doenças em humanos, a disponibilização dessas sequências para a comunidade científica poderá contribuir para estudos comparativos. Esses projetos geraram novas variantes alélicas que poderão ser utilizadas como marcadores genéticos na seleção após sua validação.

Outra condição importante que vem sendo estudada pela Embrapa e parceiros é a síndrome da torção do mesentério, que causa a morte súbita de animais, levando a grandes perdas econômicas para suinocultura. Resultados inéditos de parâmetros genéticos para torção do mesentério foram relatados recentemente (Padilha *et al*., 2024). Estimativas de herdabilidade de baixa magnitude foram observadas, evidenciando que há variabilidade genética, apesar de grande influência ambiental. Quando analisadas as correlações genéticas entre TM e características de desempenho dos animais, os resultados mostraram correlações fracas com espessura de toucinho, mas moderadas com o tempo necessário para atingir 110 kg de peso e com a conversão alimentar.

Isso sugere que animais que demoram mais para atingir o peso ao abate e que apresentam menor eficiência alimentar são mais propensos a desenvolver TM. Sendo assim, estratégias de seleção voltadas à melhoria da conversão alimentar e à redução da idade ao abate podem, indiretamente, contribuir para a redução

da incidência dessa síndrome. Também foram encontradas regiões genômicas associadas à TM, onde busca-se por genes que possam estar envolvidos na predisposição a esta síndrome. Vários genes candidatos foram identificados em diferentes cromossomos, estando envolvidos em processos biológicos que incluem malformações intestinais, disbiose, infecções bacterianas, fermentação excessiva, atraso no trânsito intestinal e obstruções — todos fatores que podem predispor os suínos ao desenvolvimento da TM, especialmente os relacionados ao comportamento alimentar (Padilha *et al*., 2025).

Referências

IBELLI, A. M. G.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; PEIXOTO, J. de O.; LEDUR, M. C. **Otimização de protocolos de detecção molecular por PCR e qPCR para diagnóstico do gene do halotano em suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 8 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 63).

PADILHA, S. F.; EVANGELISTA, A. F.; DUITAMA CARREÑO, L. O.; FREITAS, M. S.; LOPES, J. S.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; MORES, M. A. Z.; CANTÃO, M. E.; LEDUR, M. C.; TEIXEIRA, R. DE A.; DIAS, L. T. Genetic parameters for mesenteric torsion in a pig maternal line. **Livestock Science**, v. 284, 105474, 2024. DOI:10.1016/j.livsci.2024.105474.

PADILHA, S. F.; MARTINS, R.; HUL, L. M.; CARREÑO, L. O. D.; FREITAS M. S. de; LOPES, J. S.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. De O.; MORES, M. A. Z.; CANTÃO, M. E.; TEIXEIRA, R. de A.; DIAS, L. T.; LEDUR, M. C. Genome-wide association analysis reveals insights into the genetic architecture of mesenteric torsion in pigs. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, 13774, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-98029-5.

ROBISON, O. W. (ed.) **Guidelines for uniform swine improvement programs**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1997.

Literatura Recomendada

FIGUEIREDO, E. A. P.; BERTOL, T. M.; DALLA COSTA, O. A.; LIMA, G. J. M.; COLDEBELLA, A. Efeito do genótipo da porca sobre as características de carcaça e da carne dos terminados. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 969-984, 2023. DOI: 10.34188/bjaerv6n2-004.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; BERTOL, T. M.; DALLA COSTA, O. A.; LIMA, G. J. M. M. de; COLDEBELLA, A. **Efeito do genótipo da porca sobre as características de carcaça e da carne dos suínos terminados**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 10 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 611).

FIGUEIREDO, E. A. P. de; BERTOL, T. M.; MONTICELLI, C. J. **A importância das raças nacionais de suínos para a segurança alimentar nas comunidades rurais e para a fabricação de produtos suínos de valor agregado no Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 28 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 589).

FIGUEIREDO, E. A. P. de; DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; BERTOL, T. M. Desempenho reprodutivo de porcas de genótipos para sistemas convencionais e alternativos de produção. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 985-1000, 2023. DOI: 10.34188/bjaerv6n2-005.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; BERTOL, T. M. **Desempenho reprodutivo de porcas de genótipos para sistemas convencionais e alternativos de produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 9 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 610).

FIGUEIREDO, E. A. P.; DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; BERTOL, T. M.; LIMA, G. J. M. M. de. Desempenho de suínos de genótipos para sistemas convencionais e alternativos de produção. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1001-1017, 2023. DOI: 10.34188/bjaerv6n2-006.

FIGUEIREDO, E. A. P. de, DALLA COSTA, O. A., COLDEBELLA, A., BERTOL, T. M., LIMA, G. J. M. M. **Desempenho de suínos produzidos por matrizes com diferentes proporções de genética Moura em comparação com matrizes F1 Landrace-Large White**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 9 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 609).

FIGUEIREDO, E. A. P. de. Melhoramento genético de suínos: o exemplo americano. In: GENTILINI, F. P.; ANCIUTI, M. A. (org.). **Tópicos atuais na produção de suínos e aves**. Pelotas: IFSul/Pelotas, 2013. p. 160-190.

FIGUEIREDO, E. A. P. de. Produção de carne suína de qualidade por meio de recursos genéticos e seus cruzamentos. **SuiSite**, n. 4, ano 1, p. 24-33, 2022.

O'BRIEN P. J.; SHEN H.; CORY C. R.; ZHANG X. Use of a DNA-Based Test for the Mutation Associated with Porcine Stress Syndrome (Malignant Hyperthermia) in 10,000 Breeding Swine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 203, n. 6, p. 842-851, 1993.

FREITAS, M. S. de; GARCIA, D. A.; LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. de O.; TORRES, R. J. de A. Avaliação da capacidade preditiva de metodologias de seleção genômica ampla em diferentes cenários simulados de arquiteturas genômicas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52., 2015, Belo Horizonte. **Zootecnia**: otimizando recursos e potencialidades: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2015.

ROMANO, G. de S.; IBELLI, A. M.; PEIXOTO, J. de O.; CANTÃO, M. E.; MORÉS, M. A. Z.; COUTINHO, L. L.; PEDROSA, V. B.; LEDUR, M. C. Análise integrada do transcriptoma e exoma revela novos genes relacionados ao acometimento de hérnia escrotal em suínos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 13., 2019, Salvador. **Anais**... Salvador: SBMA, 2019.

SAVOLDI, I. R.; IBELLI, A. M. G.; CANTÃO, M. E.; PEIXOTO, J. de O.; PIRES, M. P.; MORES, M. A. Z.; LAGOS, E. B.; LOPES, J. S.; ZANELLA, R.; LEDUR, M. C. A joint analysis using exome and transcriptome data identifies candidate polymorphisms and genes involved with umbilical hernia in pigs. **BMC Genomics**, v. 22, n. 818, 2021. DOI: 10.1186/s12864-021-08138-4.

SILVA, A. N. da; IBELLI, A. M. G.; SAVOLDI, I. R.; CANTÃO, M. E.; ZANELLA, E. L.; MARQUES, M. G.; SILVA, M. V. G. B. da; PEIXOTO, J. de O.; LEDUR, M. C.; LOPES, J. S.; VARGAS, J. E.; ZANELLA, R. Whole-exome sequencing indicated new candidate genes associated with unilateral cryptorchidism in pigs. **Sexual Development**, v. 17, n. 1, p. 56-66, 2022. DOI: 10.1159/000528360.

CAPÍTULO 4

Reprodução de suínos: avanços tecnológicos e desafios para o futuro

Mariana Groke Marques e José Rodrigo Pandolfi

Pesquisas em reprodução fomentam mudanças tecnológicas na suinocultura | 1975–2010

A inseminação artificial (IA) já estava implantada na suinocultura brasileira no final dos anos 1970. Seu emprego, porém, era limitado a 3% do rebanho de matrizes, com fortes características regionais devido à limitação na conservação das doses inseminantes. A tecnologia era pouco difundida na época. Também não havia avaliação de seus resultados em maior escala nas condições brasileiras. A técnica de congelamento de sêmen suíno havia sido recém-desenvolvida na Europa e o Brasil importava sêmen congelado com o objetivo de importar material genético com menor custo e maior segurança sanitária. Portanto, existia no país grande interesse no domínio e resultados daquela novidade.

Os trabalhos iniciais da Embrapa Suínos e Aves na área de IA de suínos, na década de 1980, avaliaram os resultados de campo do sêmen resfriado e congelado. As pesquisas apontaram eficiência similar entre a monta natural e a IA com sêmen resfriado, permitindo assim definir condições ideais para a obtenção de resultados satisfatórios nas criações industriais. Na comparação de uma e duas inseminações por cio utilizando sêmen congelado, demonstrou-se que a inseminação única era economicamente vantajosa e não afetava os resultados de fertilidade, desde que houvesse um rigoroso controle do cio e adequação do momento da inseminação. Também se buscou avanço nas técnicas de criopreservação nos anos 1980. Trabalhos de congelamento de sêmen por diferentes métodos foram desenvolvidos conjuntamente pela Unidade com grupos de pesquisa da França (INRA Nouzilly) e da Alemanha (Escola Superior de Veterinária de Hannover).

A partir destes trabalhos, definiu-se pela adoção do protocolo de congelamento em macrotubos, desenvolvido inicialmente na Alemanha, como padrão para a pesquisa na Unidade. Essa técnica foi adotada em todos os trabalhos posteriores que envolveram a aplicação de sêmen congelado, incluindo estudos de congelabilidade de sêmen e de momento da inseminação, na década de 1990. Deve-se mencionar o trabalho conjunto com a equipe de genética de suínos no projeto de desenvolvimento da linha macho para o cruzamento industrial de suínos. Nesse projeto, empregou-se o congelamento de sêmen para a preservação de material genético da população-base e posterior avaliação do resultado de seleção genética para carne magra, que resultou no desenvolvimento da linhagem MS58.

Transferência de embriões é técnica pioneira no Brasil

Ainda na década de 1980, a partir de cooperação com a Universidade de Göttingen (Alemanha), a Unidade desencadeou nova frente de pesquisa com

coleta e transferência de embriões, culminando no primeiro relato de gestações de embriões viáveis em suínos com essa biotécnica no Brasil. O projeto de transferência de embriões exigiu da equipe e da instituição o desenvolvimento do conhecimento e de ferramentas para manipulação do ciclo estral de leitoas e de porcas, para coleta e avaliação de embriões, e para a purificação de gonadotrofina a partir do soro de éguas prenhes. Os protocolos daí derivados foram intensivamente empregados nos anos seguintes em trabalhos experimentais para determinar o momento da inseminação relativo ao momento da ovulação.

"Os trabalhos iniciais da Embrapa em inseminação artificial, nos anos 1980, avaliaram o desempenho de campo do **sêmen resfriado e congelado**."

Na década de 1990, a IA experimentou forte difusão no setor produtivo. Foram vários os fatores que propiciaram isso, entre eles: (1) aumento do tamanho dos plantéis; (2) adoção crescente da remuneração por qualidade de carcaça e interesse dos produtores na incorporação de genes melhoradores de características de maior valor econômico; (3) incorporação obrigatória da biossegurança na suinocultura; e (4) disponibilidade de insumos de melhor qualidade por menor custo. No final dos anos 1990, mais de 50% das matrizes do rebanho industrial brasileiro já eram atendidas por IA, tanto em programas abertos como em programas internos de coleta e aplicação de sêmen nas granjas.

Nos anos 2000, a Embrapa Suínos e Aves voltou a empregar a tecnologia de congelamento de sêmen suíno para a preservação de material genético da raça Moura, nativa do país e com características de qualidade de carne que poderiam atender nichos do mercado consumidor. O uso da tecnologia reduziu custos e aumentou a segurança da preservação de germoplasma de interesse científico. Até 2010, a Unidade também teve um papel marcante como difusor da tecnologia da IA, realizando treinamento e capacitando pessoal em seus laboratórios e granja experimental.

Reprodução de suínos: avanços tecnológicos e desafios para o futuro

Nos últimos anos, as biotecnologias reprodutivas avançaram significativamente, impulsionando a eficiência produtiva em diversas espécies animais, especialmente suínos e aves. O crescimento da demanda por essas tecnologias reflete a busca por maior produtividade, melhoramento genético e controle sanitário, fatores essenciais para atender ao aumento do consumo global de carne e às exigências por sustentabilidade e biosseguridade.

Diante desse cenário, o mercado de biotecnologias reprodutivas segue em expansão e deve continuar evoluindo à medida que novas soluções se tornem mais acessíveis e eficazes. Há 15 anos, a Embrapa Suínos e Aves vem desempenhando um papel estratégico no avanço das pesquisas sobre reprodução animal no Brasil. Com foco no aprimoramento da eficiência reprodutiva, a Unidade desenvolve tecnologias que fortalecem a suinocultura nacional. A seguir, são apresentadas as principais linhas de pesquisa em que a Embrapa Suínos e Aves tem atuado.

Apoio importante para as centrais produtoras de sêmen

A reprodução eficiente é um dos pilares da suinocultura moderna, e a qualidade seminal tem um impacto direto sobre os índices produtivos. Dentro desse

contexto, a avaliação seminal e o congelamento de sêmen se apresentam como temas fundamentais para garantir a viabilidade e o avanço genético dos rebanhos.

A criação de bancos de germoplasma de sêmen (Figura 4.1) e tecidos é uma estratégia essencial para a preservação genética, o melhoramento animal e a segurança das cadeias produtivas de suínos e aves. Esses bancos permitem a conservação do material genético de linhagens de alto valor produtivo, assegurando a continuidade de características desejáveis e a adaptação da produção às exigências do mercado. Além disso, desempenham um papel fundamental na biossegurança e na resposta a epidemias. Em surtos de doenças, como peste suína africana, síndrome reprodutiva e respiratória suína (PRRS), influenza aviária e doença de Newcastle, os bancos de sêmen garantem a reposição de material genético saudável, evitando perdas irreversíveis e contribuindo para a recuperação rápida da produção.

Apesar dos benefícios, o congelamento de sêmen tanto de suínos quanto de aves ainda enfrenta desafios técnicos, como a baixa taxa de fertilização pós-descongelamento devido à sensibilidade dos espermatozoides ao processo de criopreservação. Desta forma, a Embrapa tem atuado no desenvolvimento, em ambas espécies, de metodologias para melhoria nos processos de criopreservação. Outra atuação é na criação de um banco de espermatozoides e tecidos visando a criopreservação de linhagens de interesse para o Brasil.

Especialmente na suinocultura, a espécie na qual a inseminação artificial é mais amplamente utilizada, com cerca de 90% do plantel tecnificado, houve uma grande mudança na forma de produção das doses inseminantes. Nos últimos 15 anos, as centrais produtoras de sêmen suíno (CPS) passaram por grandes transformações tecnológicas, sanitárias e operacionais para atender às demandas de eficiência, biossegurança e qualidade genética na suinocultura.

A Embrapa Suínos e Aves tem atuado ativamente nesse processo, colaborando com as principais CPS do Brasil no desenvolvimento e aprimoramento de protocolos e metodologias para otimizar a qualidade das doses inseminantes. Há uma linha de pesquisa dedicada à identificação dos principais pontos críticos e dos fatores que afetam a qualidade espermática e a contaminação bacteriana das doses. Esses avanços estão resultando em protocolos aprimorados que têm contribuído diretamente para a melhoria dos processos e o aumento da eficiência reprodutiva a campo.

A equipe estuda ainda bactérias mais prevalentes e os mecanismos que têm maior impacto na qualidade seminal, relacionando a isso a presença de resistência aos principais antimicrobianos utilizados na suinocultura. Estes conhecimentos são transferidos à sociedade por reuniões e visitas técnicas, artigos científicos, comunicados técnicos e treinamentos.

Foto: Mariana Groke Marques

Figura 4.1. Palhetas de sêmen suíno armazenadas em nitrogênio líquido no banco de germoplasma da Embrapa.

A Unidade tem ofertado vários cursos sobre atualizações em inseminação artificial, visando capacitação e atualização técnica de profissionais inseridos na cadeia de produção de suínos, como técnicos de empresas do setor, acadêmicos de medicina veterinária, zootecnia e profissionais da área, visando melhoria na qualidade dos recursos humanos e aumento da produtividade na suinocultura (Figura 4.2).

Sincronização de fêmeas e problemas reprodutivos

A sincronização do cio em fêmeas suínas é uma prática essencial para aumentar a eficiência reprodutiva e facilitar o manejo dos plantéis em granjas comerciais. Esse processo permite um controle mais preciso da reprodução, organizando a indução e o sincronismo do estro (cio) nas matrizes. Entre os principais benefícios, destacam-se a programação das coberturas e inseminações artificiais, a formação de lotes mais homogêneos de leitões e um planejamento mais eficiente dos nascimentos, o que otimiza o manejo da maternidade e do desmame.

Para a sincronização do cio, podem ser utilizadas técnicas de manejo e/ou a aplicação de hormônios exógenos. Embora o uso de hormônios envolva custos, ele possibilita até a inseminação em tempo fixo (IATF), eliminando a necessidade da detecção de cio. Visando minimizar custos e facilitar o manejo de aplicação de hormônios, a Embrapa desenvolveu protocolos que induzem, com apenas duas aplicações e hormônios de menor custo, a sincronização de forma eficiente.

Além disso, a sincronização do estro pode ser associada a outras biotecnologias, como a criopreservação de sêmen, para melhoria dos dados produtivos. Neste intuito, pesquisas foram feitas para otimizar protocolos de sincronização que dobraram as taxas de gestação de fêmeas inseminadas em tempo fixo com uma única dose de sêmen congelado. Ainda em relação às fêmeas, outro ponto importante na suinocultura é a questão do diagnóstico de problemas reprodutivos. Na suinocultura moderna, um dado tem chamado a atenção: entre 40 e 50% das fêmeas reprodutoras são descartadas anualmente e, quase metade delas, antes de completar a terceira ou quarta parição. Esse alto índice de descarte precoce representa um desafio não apenas do ponto de vista econômico, mas também em relação ao bem-estar animal.

O ideal é que as porcas sejam mantidas no rebanho até, pelo menos, a sexta paridade. Isso porque matrizes mais experientes desmamam mais leitões e com maior peso quando comparadas às fêmeas de primeira e segunda crias. No entanto, na prática, cerca de 30% das porcas são descartadas já na terceira paridade, principalmente devido a problemas reprodutivos, como falhas na concepção, tamanho reduzido da ninhada e anestro (ausência de cio). Embora muitas dessas falhas possam ter causas fisiológicas, fatores externos também

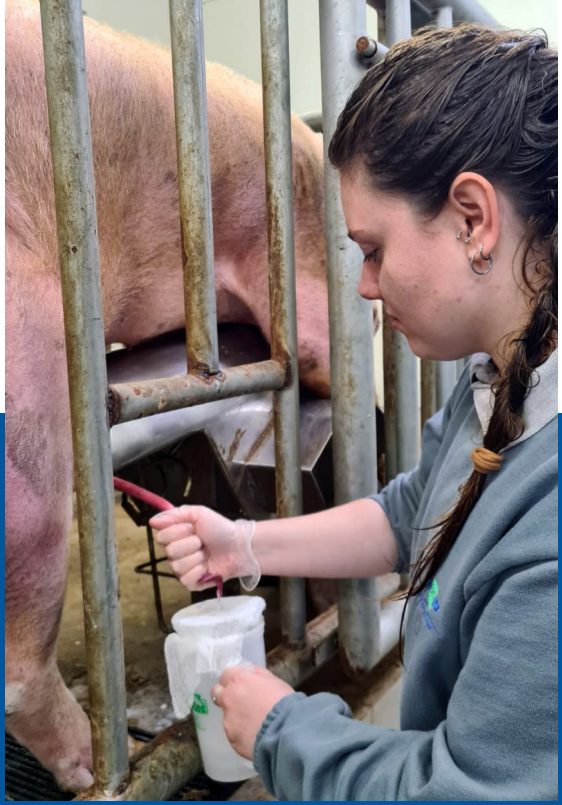

Foto: Mariana Groke Marques

Figura 4.2. Coleta de sêmen suíno durante o curso de inseminação artificial.

Figura 4.3. Diagnóstico de problemas reprodutivos via ultrassonografia.

Foto: Janine de Camargo

influenciam as baixas reprodutivas. Erros no manejo, falhas na detecção do cio, inseminação no momento errado, baixa qualidade do sêmen e doenças reprodutivas são algumas das razões que podem levar ao descarte precoce de fêmeas saudáveis. Com isso, muitas porcas acabam sendo abatidas sem que suas reais chances de reprodução sejam devidamente avaliadas.

Visando a melhor compreensão do problema, a Embrapa apresentou um estudo para avaliar a precisão da decisão de descarte de porcas com falha reprodutiva de rebanhos comerciais de reprodução por meio do exame dos tratos reprodutivo e urinário post mortem. Com base neste estudo, foi possível inferir que falta uma avaliação adequada do real status reprodutivo das reprodutoras, o que, por sua vez, está levando ao abate desnecessário de fêmeas jovens.

Esse estudo identificou um problema a ser solucionado. Uma das possíveis formas de melhoria do diagnóstico reprodutivo é a dosagem hormonal. Desta forma, identificaram-se padrões de dosagem de progesterona que podem ser utilizados para diferenciar marrãs cíclicas de fêmeas em anestro. Outra forma possível é a utilização da ultrassonografia (Figura 4.3). Como essa técnica ainda não é amplamente utilizada na suinocultura, a equipe produziu e entregou publicações técnicas e cursos visando o uso desta ferramenta de diagnóstico em granjas com problemas de fertilidade, ajudando na correta tomada de decisão pelos profissionais responsáveis pelo manejo reprodutivo.

Produção de embriões in vitro e edição gênica

A produção in vitro de embriões (PIV) é uma biotécnica de reprodução assistida que foi desenvolvida para aumentar a disseminação do potencial genético da fêmea (Figura 4.4). Apesar da possibilidade de aplicação em várias espécies, do ponto de vista comercial de larga escala, na atualidade ela é utilizada apenas para bovinos. Na espécie humana, ela pode ser uma alternativa para casais que desejam ter filhos, mas que apresentam alguma falha reprodutiva. Na espécie suína, assim como em outras espécies, a PIV tem sido utilizada basicamente em pesquisas para o aprimoramento dos conhecimentos em fisiologia da maturação oocitária, fecundação, cultivo e desenvolvimento embrionário na fase de pré-implantação.

O uso desta ferramenta tem ainda uma grande potencialidade para sua utilização comercial na suinocultura, principalmente em dois pontos: na seleção de machos, evitando-se assim a disseminação de material genético de machos subférteis, e na produção de embriões sexados para disseminação de genética entre granjas núcleo e granjas multiplicadoras. Entretanto, para que estas aplicações se tornem realidade, alguns pontos ainda devem ser superados e a Embrapa Suínos e Aves tem trabalhado

nesta linha de pesquisa, desenvolvendo protocolos mais eficientes para produção de oócitos e embriões de alta qualidade. A Unidade também iniciou o desenvolvimento de técnicas de transferência de embriões menos invasivas com uso da laparoscopia.

A PIV em suínos também é um instrumento de suporte para outras biotécnicas, como clonagem, transgênese e transferência nuclear. Pode-se citar, como exemplo, a produção de embriões editados geneticamente. Atualmente, a maioria dos estudos que produzem suínos editados geneticamente utiliza-se da técnica de transferência nuclear associada à transfecção de células somáticas. Para que se tenha sucesso, e a decorrente produção dos animais editados, é fundamental o domínio de etapas da PIV, como a maturação oocitária, ativação e cultivo embrionário.

Nos últimos anos, a Embrapa Suínos e Aves tem investido na produção de ferramentas avançadas de reprodução e edição gênica animal, fato que leva a Unidade a trabalhar na fronteira do conhecimento para produzir novas linhagens de suínos com características de interesse para a indústria de proteína animal e outras aplicações biotecnológicas. O objetivo é produzir ferramentas, como nanocarreadores, e desenvolver processos que facilitem e aumentem a eficiência na produção de animais geneticamente editados.

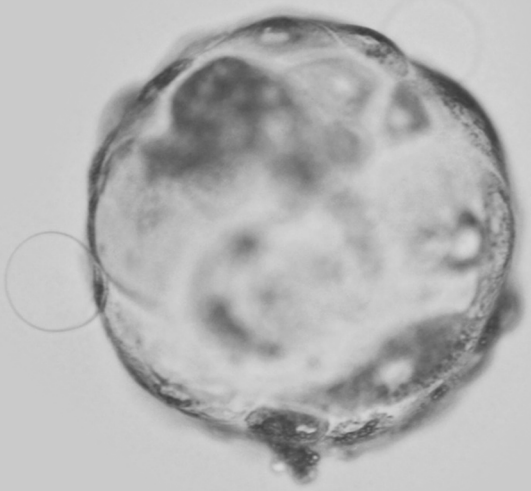

Foto: Mariana Groke Marques

Figura 4.4. Embrião suíno produzido in vitro.

Perspectivas futuras para a reprodução de suínos

- **Aprimoramento das ferramentas de predição da fertilidade do sêmen:** o desenvolvimento de novas tecnologias permitirá uma análise mais precisa da qualidade espermática, contribuindo para melhores taxas de fertilização e eficiência reprodutiva. Métodos baseados em inteligência artificial e biomarcadores específicos podem ser explorados para prever com maior confiabilidade o potencial fecundante do sêmen.
- **Desenvolvimento de moléculas e estratégias para reduzir o uso de antimicrobianos em doses de sêmen suíno:** a busca por alternativas mais sustentáveis inclui a criação de compostos com ação antimicrobiana seletiva ou soluções que preservem a qualidade do sêmen sem comprometer a saúde animal e humana. Essas novas abordagens contribuirão para diminuir a resistência bacteriana e promover uma produção mais responsável.
- **Implementação de protocolos de transferência de embriões menos invasivos:** técnicas inovadoras para a transferência de embriões serão desenvolvidas com foco na redução do estresse e dos impactos sobre as fêmeas suínas, tornando o processo mais eficiente e seguro. O avanço dessas metodologias poderá ampliar a adoção de novas biotecnologias reprodutivas na suinocultura.
- **Produção de animais geneticamente modificados para aprimoramento produtivo e sanitário:** o uso de técnicas como CRISPR e edição gênica de precisão possibilitará avanços significativos na criação de suínos e aves mais adaptados, resistentes a doenças, com melhor conversão alimentar e maior produtividade, atendendo às demandas da agropecuária moderna.

Literatura recomendada

ANSOLIN, A. L.; FACCIN, J. C.; ZANELLA, R.; BIANCHI, I.; KICH, J. D.; MARQUES, M. G. A lavagem prepucial pode reduzir a contaminação bacteriana nos ejaculados de machos suínos? **Suinocultura Industrial**, Itu, ed. 311, ano 45, n. 2, p. 14-17, 2023.

DA SILVA, Z.; DE SOUZA, A. P.; PANDOLFI, J. R. C.; DA FONSECA, F. N.; DA VEIGA LIMA-ROSA, C. A.; MARQUES, M. G. Comparison between electroporation and polyfection in pig sperm: efficiency and cell viability implications. **Zygote**, v. 1, p. 1-8, 2018. DOI: 10.1017/S0967199418000205.

LEAL, D. F.; VIANA, C. H. C.; ALMOND, G. W.; MONTEIRO, M. S.; GARBOSSA, C. A. P.; CARNEVALE, R. F.; MURO, B. B. D.; POOR, A. P.; PUGLIESI, G.; NICHI, M.; WATANABE, T. T. N.; MARQUES, M. G. Estrus synchronization of replacement gilts using estradiol cipionate and PGF2α and its effects on reproductive outcomes. Animals, v. 12, p. 3393, 2022. DOI: 10.3390/ani12233393.

MARQUES, M. G.; LEAL, D. F.; JORGE NETO, P. N.; VIANA, C. H. C. **Como utilizar a ultrassonografia para melhoria de desempenho reprodutivo das fêmeas suínas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 9 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 571). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117192/1/COT571.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

MARQUES, M. G.; QUIRINO, M.; BALDESSAR, P.; MORES, M. A. Z.; IBELLI, A. M.; LEDUR, M.; ULGUIM, R. R.; GASPERIN, B. G.; BIANCHI, I. **Concentração sérica de progesterona em diferentes fases do ciclo reprodutivo de leitoas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 624). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1169548/1/final10243-Concentracao-serica-de-progesterona-em-diferentes-fases.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

MARQUES, M. G.; ZANELLA, R. O que fará a PIV de suínos chegar ao uso comercial? **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 45, p. 559-565, 2021. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1150207/1/10085.pdf . Acesso em: 4 abr. 2025.

PANDOLFI, J. R. C.; SOUZA, A. P.; MARQUES, M. G. **Metodologia para coleta in vitro de embriões em suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 5 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 570). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117193/1/COT570.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

PHILIPPE, M. G.; QUIRINO, M.; SCHUCH, M.; SCHULTZ, C.; VIEIRA, A. D.; MONDADORI, R. G.; LUCIA JR., T.; MOREIRA, F.; PERIPOLLI, V.; MARQUES, M. G.; BIANCHI, I. Use of a one-step freezing protocol for boar sperm with distinct cryoprotectants. **Ciência Rural**, v. 54, n. 1, ed. e20220090, 2024. DOI: 10.1590/0103-8478cr20220090.

ROCHA, J. C.; ROSA, E. R.; QUIRINO, M.; MARQUES, M. G.; BENNEMANN, P. E.; COLDEBELLA, A.; RAUBER, L. P.; SCHWEGLER, E.; MOREIRA, F.; PERIPOLLI, V.; LUCIA JÚNIOR, T.; BIANCHI, I. Quality control of semen processing in boar studs: a Brazilian scenario. **Scientia Agricola**, v. 81, p. 1-10, 2024. DOI: 10.1590/1678-992X-2023-0164.

SAATKAMP, M. G.; FIGUEIREDO, E. A. P.; PEIXOTO, J. O.; LEDUR, M.; GRINGS, V. H.; MARQUES, M. G. Núcleo de Conservação in situ de linhagens de postura de ovos castanhos: Embrapa Suínos e Aves. In: PADUA, J. G.; ALBUQUERQUE, M. do S. M.; MELLO, S. C. M. de (Ed.). **Bancos e coleções de germoplasma da Embrapa**: conservação e uso. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 164 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 371). p. 139

SCHERER, C. G.; ZANELLA, R.; MARQUES, M. G. Como são produzidas doses de alta qualidade nas centrais de coleta e processamento de sêmen. **Suinocultura Industrial**, Itu, ed. 318, ano 46, n. 3, p. 16-23, 2024.

SILVA, T. C. F.; DODE, M. A. N.; BRAGA, T. F.; MARQUES, M. G.; VARGAS, L. N.; DE FARIA, O. A. C.; DE SOUZA, A. P.; ALBRING, D.; CAETANO, A. R.; FRANCO, M. M. Cumulus-oocyte complexes from sows show differences in lipid metabolism compared to cumulus-oocyte complexes from prepubertal gilts during in vitro maturation. Molecular Reproduction & Development, v. 90, n. 5, p. 323-335. 2023. DOI: 10.1002/mrd.23685.

SOARES, S. L.; BRITO, C. R. C.; ANCIUTI, A. N.; GATTI, N. C.; CORCINI, C. D.; VARELA, A. S.; MARQUES, M. G.; FONSECA, F. N.; KOMNINOU, E. R.; LUCIA, T. Nanocarried antioxidants in freezing extenders for boar spermatozoa. **Andrologia**, v. 53, p. 2-9, 2021. DOI: 10.1111/and.14199.

SOUZA, A. P.; BASTOS, A. P.; FONSECA, F. N.; PANDOLFI, J. R.; COSTAMILAN, C. A. V. L. R.; MARQUES, M. G. Polyethyleneimine-mediated gene transfection in porcine fetal fibroblasts. **Animal Reproduction**, v. 21, n. 4, e20240026, 2024. DOI: 10.1590/1984-143-AR2024-0026.

CAPÍTULO 5

Importância da nutrição na evolução da suinocultura

Teresinha Marisa Bertol, Jorge Vitor Ludke e Everton Luis Krabbe

Nutrição aponta caminhos para eficiência e redução de custos | 1975–2010

A pesquisa em nutrição de suínos desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves entre 1975 e 2010 foi direcionada ao incremento da viabilidade econômica da cadeia produtiva, por meio do aumento da eficiência técnica e da redução do custo de produção. A principal razão para esse enfoque residiu no fato de que a alimentação dos animais representa de 60 a 80% do custo da suinocultura, dependendo da fase animal e dos preços dos ingredientes da dieta, principalmente do milho e do farelo de soja.

No ano da fundação da Unidade, havia poucos profissionais disponíveis no mercado brasileiro com mestrado ou doutorado e com treinamento para conduzir pesquisas nas áreas de nutrição de suínos. Naquela época, os pesquisadores foram selecionados entre profissionais graduados que atuavam na extensão rural ou, na sua maioria, diretamente dos cursos de pós-graduação nos departamentos de zootecnia de universidades brasileiras. Para incentivar a formação de pesquisadores, a Embrapa contratou profissionais recém-formados para ingressarem em cursos de pós-graduação, custeando os estudos de mestrado no Brasil e doutorado no exterior, inclusive com execução de projetos financiados dentro da programação de pesquisa da Embrapa Suínos e Aves. Esse esforço institucional foi muito intenso no início e persistiu por mais de duas décadas.

Sobre o período de estruturação da pesquisa, cabe ressaltar o importante papel desempenhado por consultores, geralmente docentes de universidades brasileiras, que participaram da formulação das prioridades e da seleção dos primeiros pesquisadores. Dentro do modelo institucional inicial da Embrapa (1975/1976), a suinocultura foi contemplada com a instalação do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos (CNPS) na região sul do Brasil e com o fomento das atividades de pesquisa em nutrição de suínos em instituições estaduais de pesquisa da região Sudeste.

Nesse modelo, enquanto a instalação física da Unidade se concretizava, pesquisadores contratados pela Embrapa atuavam nos institutos estaduais em parceria com universidades, onde pesquisas com nutrição de suínos já ocorriam. Em convergência, para reforçar a atuação nacional, logo após a criação da Embrapa Suínos e Aves, foram desenvolvidas duas linhas fundamentais de atuação: (a) ação direta através da execução de pesquisas; e (b) ação coordenadora através do Programa Nacional de Pesquisa de Suínos (PNP Suínos), com o financiamento dos Sistemas Estaduais de Pesquisa Agropecuária, envolvendo universidades em âmbito federal e institutos de pesquisa em âmbito estadual.

Quatro períodos de evolução

Durante a primeira década, a estrutura física da Unidade foi sendo concretizada com a instalação dos principais prédios de pesquisa para nutrição de suínos e início da operação do laboratório de nutrição animal. Visando contornar a defasagem inicial entre a disponibilidade de infraestrutura e a premência na execução dos projetos, as primeiras pesquisas foram conduzidas em granjas comerciais e em instalações de testes de reprodutores administradas pela Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS).

A análise da evolução da pesquisa em nutrição de suínos desenvolvida na Embrapa evidencia diferentes etapas. A primeira delas corresponde à redução de perdas na produção (1975 a 1982). A segunda caracteriza-se pela intensificação da avaliação de ingredientes alternativos e pelo estudo de exigências nutricionais (1978 a 1991). Já a terceira compreende o início dos estudos com vista ao impacto ambiental e à preocupação com a variabilidade nutricional dos principais ingredientes usados nas rações. A partir dos anos 2000, a quarta etapa compreendeu o uso estratégico da nutrição para duas funções distintas: (1) a manutenção e melhoria da qualidade da carne e gordura suína e seus produtos industrializados; (2) uso adequado da nutrição de suínos para viabilizar sistemas de produção especializados.

"A pesquisa em nutrição de suínos desenvolvida entre 1975 e 2010 foi direcionada ao incremento da **viabilidade econômica** da cadeia produtiva."

As primeiras pesquisas com suínos realizadas na área de nutrição da Unidade, na década de 1970, foram para avaliar a qualidade das rações comercializadas naquela época. Foi também nesse período que desenvolveram-se estudos visando a redução de perdas no arraçoamento. Na linha de avaliação e monitoramento da qualidade dos insumos tecnológicos comercializados, nos anos 1980, foram estudados concentrados proteicos comerciais e núcleos mineral-vitamínicos. A partir dos anos 1990, a Unidade dedicou-se a avaliar e monitorar premixes mineral-vitamínicos.

Importância da nutrição na evolução da suinocultura

Nos últimos 15 anos, a suinocultura no Brasil e no mundo seguiu seu curso rumo à intensificação da produção. Com isso, novos desafios surgiram em todas as áreas de produção. Na nutrição, podemos citar o ajuste das exigências nutricionais para atender ao crescente potencial genético dos animais e para reduzir os desperdícios de nutrientes, fator crucial para o controle dos custos de produção e para a redução da poluição ambiental decorrente dos dejetos.

O custo das matérias-primas tem sido um problema cíclico, gerador de grandes crises no período mencionado, e o conhecimento do valor nutricional das matérias-primas, bem como a necessidade de desenvolver ou aprimorar tecnologias para a predição de seu valor nutricional, são fatores que contribuem para viabilizar a nutrição de precisão necessária nos modelos atuais de produção e para reduzir os custos de produção. A melhoria das dietas de desmame, para enfrentar os desafios enfrentados pelos leitões nesse período e atender às exigências dos consumidores quanto à eliminação dos antimicrobianos promotores de crescimento, é outro desafio constante para a manutenção da sanidade dos rebanhos e dos níveis de desempenho esperados. Por outro lado, o estudo de estratégias nutricionais para a melhoria da qualidade da carne, tanto na produção industrial quanto na produção alternativa para produtos de valor agregado, atende ao anseio dos consumidores por produtos de qualidade diferenciada.

Avaliação de novas matérias-primas para suínos

Entre as mudanças de cenário na suinocultura nos últimos 15 anos, uma das mais impactantes para o setor de nutrição foi a oscilação no mercado de grãos, com períodos de alta desenfreada dos principais ingredientes utilizados na alimentação dos suínos. O aumento no custo do milho foi motivado por questões comerciais ligadas ao cenário internacional, aumento das exportações, competição com outros setores, como o energético (produção de etanol), e pela perda de competitividade do milho em relação a outras culturas mais lucrativas no setor de produção de grãos. Paralelamente, aumentos sazonais no custo da soja ocorreram em função da maior demanda internacional. O descompasso entre a produção de proteína animal e a produção de cereais em regiões específicas, aliado ao alto custo de transporte dos grãos, foi outro desafio enfrentado pelo setor. Ao mesmo tempo, novas matérias-primas tornaram-se disponíveis nesse período, como os subprodutos da produção de etanol de milho, os quais necessitavam de avaliações nutricionais para maior eficiência de uso na alimentação dos suínos.

A Embrapa Suínos e Aves atuou no sentido de viabilizar soluções para a redução do impacto do custo dos insumos no custo de produção, tanto através do estudo das matérias-primas convencionais quanto na avaliação de matérias-primas alternativas. Esses estudos visavam melhorar a competitividade da suinocultura pela melhoria da eficiência de utilização das matérias-primas para ração, com abrangência em todo o território nacional, e pelo aumento da disponibilidade de matérias-primas produzidas in loco na região Sul do Brasil, que sofre com déficit de cereais para a produção animal. Na atualidade, e com desdobramentos previstos para o futuro próximo, novos fatos relacionados ao desenvolvimento do setor alcooleiro no estado do Rio Grande do Sul estão demandando a atenção da equipe de pesquisa em nutrição de suínos com relação ao aproveitamento de seus subprodutos na alimentação animal.

Matérias-primas convencionais: novos estudos da Embrapa

O milho é o ingrediente que contribui com o maior volume nas rações de suínos e o mais estudado quanto ao seu valor nutricional. No entanto, devido à variabilidade natural em sua composição e ao efeito do processamento sobre seu valor nutricional, alguns estudos foram desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves para aprimorar os conhecimentos sobre sua matriz nutricional. Esses estudos produziram diversos resultados atualmente em uso pelo setor produtivo: recomendação da melhor granulometria para maximizar seu valor nutricional, determinação do diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) sem

secagem da amostra, o software Granucalc e equações de predição da energia metabolizável do milho, os quais contribuíram para a melhoria da eficiência de aproveitamento das rações e redução do custo de produção. O software Granucalc (mais informações no Capítulo 20) e a determinação do DGM sem secagem da amostra trouxeram agilidade na determinação da granulometria do milho, assim como a recomendação do melhor DGM e as equações de predição da energia metabolizável, cujos principais preditores são o DGM e a densidade do grão, que permitem estimar o valor energético do milho em tempo real para formulação das rações, melhorando a eficiência de sua utilização nas rações.

O farelo de soja é a principal fonte proteica utilizada na alimentação dos suínos, mas, nos últimos anos, a soja integral desativada processada através de reatores herméticos sob condições controladas de injeção de vapor, temperatura e pressão, foi ganhando espaço. No entanto, pelo fato de seu uso ter sido ampliado apenas em anos recentes, a matriz energética da soja desativada não estava bem estabelecida, além de não constar nas tabelas de composição de alimentos para suínos.

Em estudo desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves, com parceria do setor produtivo agroindustrial, foi determinada a matriz nutricional e desenvolvidas equações de predição dos valores energéticos da soja desativada, contemplando ampla variação nos parâmetros de processamento entre plantas e até mesmo dentro de uma mesma planta. O estudo mostrou que a soja integral desativada apresenta elevado valor energético para suínos, porém com ampla variabilidade. Outros resultados relevantes obtidos nesse estudo foram a identificação dos fatores que melhor explicam a variabilidade no seu valor energético, que são as condições de processamento, e a constatação de que os valores energéticos podem ser preditos com precisão utilizando-se a composição química, indicadores de qualidade e parâmetros de processamento. Esses resultados contribuem para a melhoria da qualidade e da eficiência de utilização dessa importante matéria-prima para a produção de suínos.

Subprodutos da produção de etanol de milho e cereais de inverno

A produção de etanol de milho tem crescido continuamente no Brasil, o que, se por um lado compete com a indústria de proteína animal pelo uso do grão, por outro lado disponibiliza subprodutos de alto valor nutricional para alimentação animal, os quais se tornam cada vez mais populares em nosso país. Os subprodutos da indústria do etanol de milho têm sido intensamente estudados em outros países, principalmente nos Estados Unidos, onde a produção de etanol a partir de cereais precedeu essa atividade no Brasil. No entanto, devido à

evolução tecnológica no processamento ao longo dos anos, aliada à variabilidade nos parâmetros de processamento entre diferentes plantas, além da ausência de dados desses subprodutos na tabela nacional de composição de alimentos para suínos e aves, detectou-se a necessidade de determinar a matriz nutricional dos subprodutos da indústria do etanol de milho produzidos no Brasil. Constatou-se ampla variação no valor energético dos subprodutos avaliados, com uma variação de 1,9 vez entre o valor mínimo e o valor máximo. Foram identificados os fatores que mais impactam a variabilidade no valor energético desses subprodutos e, com base na composição química, foram obtidas equações para sua predição de forma precisa. A definição da matriz nutricional desses subprodutos, assim como a predição de seu valor energético em tempo real nas fábricas de ração através de equações de predição, contribui para seu uso com maior eficiência na alimentação de suínos, o que colabora para a redução do custo de produção.

Os cereais de inverno (Figura 5.1) estão entre as matérias-primas de maior uso na alimentação animal no mundo. Em países da Europa e da Ásia Setentrional, são os principais ingredientes que compõem as dietas de suínos e aves. No Brasil, o cenário é diferente devido à ampla disponibilidade de milho nas regiões produtoras de suínos e aves, exceto na Região Sul, onde há déficit de cereais para uso na alimentação animal. Outras peculiaridades da Região Sul são sua distância dos principais locais de produção de milho na Região Centro-Oeste, o que encarece sobremaneira o transporte desse cereal, e a ampla disponibilidade de área agricultável para cultivo no período de inverno-primavera, o que possibilita a produção de cereais de inverno. Portanto, o aumento da produção desses cereais na Região Sul poderia suprir parte da demanda regional por grãos para alimentação animal, além de potencializar a renda dos produtores de grãos e cooperativas da região. Além disso, o desenvolvimento de variedades específicas para uso na alimentação animal poderia viabilizar um mercado alternativo de grãos de inverno para esse uso específico, sem competir com seu uso na alimentação humana.

Pensando nisso, em 2014, a Embrapa Suínos e Aves iniciou as primeiras discussões junto à Embrapa Trigo sobre a necessidade de fomento à produção de cereais de inverno e ao desenvolvimento de variedades de trigo e cevada específicas para alimentação de suínos e aves, visando suprir parte do déficit regional de grãos que compromete a competitividade dessas atividades nos dois estados do extremo Sul do Brasil. Essa ação envolveu inúmeras atividades, incluindo palestras, reuniões, workshops e webinars, envolvendo instituições públicas (Secretaria de Agricultura dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul - BRDE), entidades do setor produtivo, incluindo representantes de produtores, cooperativas, cerealistas e agroindústrias, com o objetivo de sensibilizá-los para seu engajamento no projeto de desenvolvimento

Foto: Lucas Scherer

Figura 5.1. Trigo, triticale e cevada, cereais de inverno estudados pela Embrapa.

da cadeia de cereais de inverno para alimentação animal em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nosso protagonismo nos eventos mencionados acima trouxe grande visibilidade à Embrapa Suínos e Aves como um importante promotor na solução do problema de déficit de matérias-primas para ração, que afeta gravemente a competitividade dessas duas cadeias na região sul do Brasil.

Como desdobramentos dessas articulações, foi assinado em 2018 um contrato de cooperação técnica e financeira coordenado pela Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a Federação das Cooperativas Agropecuárias de Santa Catarina (Fecoagro-SC) e, na época, com a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Pesca de Santa Catarina, para avaliação do valor nutricional do trigo, triticale e cevada para suínos e aves. Em fevereiro de 2020, a Embrapa Suínos e Aves e a Embrapa Trigo participaram do lançamento do Plano de Incentivo ao Plantio de Grãos de Inverno para Produção de Ração em SC por ocasião do Fórum do Milho 2020 em Mafra, SC.

Nesse plano, ficou definido que compete à Embrapa Suínos e Aves desenvolver pesquisas para avaliação nutricional dos cereais trigo, triticale e cevada visando seu uso eficiente na alimentação de suínos e aves e definir, em conjunto com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e cooperativas, as cultivares a serem plantadas, que atendam aos requisitos de elevado rendimento de grãos, rusticidade e teor mínimo de proteína de 12%. Essas ações levaram ao desenvolvimento de um projeto de cooperação técnica e financeira coordenado pela Embrapa Suínos e Aves para o desenvolvimento da cadeia de cereais de inverno para alimentação de suínos e aves em Santa Catarina, em parceria com a Embrapa Trigo, a Associação da indústria de Carnes e Derivados no Estado de Santa Catarina (Aincadesc) e o Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados no Estado de Santa Catarina (Sindicarne).

O plano de incentivo ao plantio de grãos de inverno para produção de ração em SC foi reeditado nos anos seguintes, com forte engajamento dos produtores. De 2021 a 2023, a Embrapa Suínos e Aves também participou ativamente das discussões do Projeto Duas Safras, capitaneado pela Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul (Farsul) e Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), que visa o aumento da produção de cereais no Rio Grande do Sul com o aproveitamento das áreas agricultáveis do estado para duas safras, uma de inverno e outra de verão, em contrapartida à única safra praticada atualmente em grande parte do estado. Como resultado das ações, a produção de trigo no Brasil dobrou em volume da safra 2018/2019 para a safra 2021/2022. Após esse período, devido a eventos climáticos desfavoráveis, houve uma redução de aproximadamente 20% no volume anual produzido, porém, para o ano de 2024, a previsão é de produção de um volume aproximadamente 60% acima do produzido em 2021/2022, o que indica a consolidação do aumento na produção de cereais de inverno.

No passado, foram desenvolvidos estudos de avaliação nutricional dos cereais de inverno para suínos e aves. No entanto, a evolução genética desses cereais ao longo do tempo remete à necessidade de aprofundamento dos estudos com as variedades disponíveis atualmente no mercado e as novas variedades em desenvolvimento. Através dos projetos de cooperação técnica desenvolvidos em parceria com o setor produtivo e com a Embrapa Trigo, foi determinada a matriz nutricional das novas variedades de trigo, triticale e cevada. Com a participação em projetos de pesquisa coordenados pela Embrapa Trigo, a Embrapa Suínos e Aves colaborou na avaliação dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) e nas avaliações de longo prazo para desenvolvimento de novas variedades. Nas avaliações nutricionais, foi observada ampla variação na composição química dentro de cada cereal, com o conteúdo de proteína bruta como um dos pontos positivos, indicando que esses cereais substituem uma parte importante da fonte proteica nas rações.

Quanto ao valor energético, embora a maior parte das amostras tenha apresentado valor energético inferior ao milho, parte das amostras de trigo e de triticale foi similar ou superior ao milho de qualidade média, e uma das amostras de cevada apresentou valor energético pouco inferior ao do milho. Esses resultados demonstraram que há genótipos de trigo, triticale e cevada disponíveis atualmente com grande potencial como fonte energética para substituição do milho na alimentação de suínos, desde que produzidos e submetidos a tratamento pós-colheita adequados. Outro fator relevante é a similaridade na composição, características físicas e valores energéticos médios entre trigo e triticale, indicando a evolução genética do triticale nas duas últimas décadas.

O projeto também identificou características indicadoras de variabilidade no valor energético para suínos, sendo a densidade (pH) e a matéria mineral as duas variáveis que individualmente mais explicam as variações nos valores energéticos do trigo, triticale e cevada. O pH é utilizado atualmente como um parâmetro para decisões rápidas quanto à qualidade para aquisição de cereais de inverno, no entanto, foi constatado que, no que concerne à alimentação de suínos, esse parâmetro não é suficiente como indicador de qualidade, pois sua associação com os valores energéticos não é forte o suficiente, sendo necessário associá-lo com outras características de composição do grão.

Além disso, o projeto demonstrou que a peletização aumenta os valores energéticos de dietas de suínos contendo trigo ou triticale, e o valor energético do trigo, mas não afeta o valor energético do triticale. Com relação à qualidade da proteína, foi demonstrado que a concentração relativa de alguns aminoácidos essenciais é reduzida com o aumento do conteúdo de proteína bruta no grão, fator relevante para formulação de rações para suínos e aves. Considerando os

resultados dos ensaios de VCU e das avaliações nutricionais in vivo, também foi possível identificar variedades de trigo, triticale e cevada que se destacam quanto ao valor energético para suínos, o que, aliado às características de produtividade e resistência a doenças, permite indicar variedades mais promissoras para plantio visando o uso na alimentação de suínos.

Outro resultado relevante relativo aos cereais de inverno foi a determinação da equivalência entre trigo-milho, triticale-milho e cevada-milho na formulação de rações de custo mínimo para suínos. Considerando-se trigos e triticales de diferentes valores nutricionais, observou-se uma grande influência do conteúdo de proteína e de energia metabolizável sobre o valor potencial a ser pago por esses cereais. Outros fatores que afetam a remuneração a ser ofertada para trigo ou triticale são a fase de produção (dieta de baixa ou de alta energia) e o preço do óleo, porém, em trigos ou triticales com elevado conteúdo de energia, o efeito do preço do óleo sobre a equivalência é apenas marginal, ao passo que, em caso de baixo conteúdo de energia, esse efeito é bastante acentuado.

De qualquer forma, quando seu conteúdo energético é baixo, esses ingredientes são economicamente mais vantajosos nas fases em que os suínos apresentam menor demanda de energia nas dietas, como na fase de gestação. Adicionalmente, esses cereais também substituem uma pequena proporção do farelo de soja quando incluídos nas dietas e, assim, o preço potencial a ser pago por ambos também é impactado pelo preço deste ingrediente. Esse trabalho demonstrou que o padrão de nivelamento do preço do trigo e do triticale para uso na alimentação de suínos, em 85% do preço do milho, não é realista, pois a equivalência pode variar de 80 a 128% para a cevada, de 90 a 122% para o triticale e de 90 a 128% para o trigo, dependendo do valor nutricional do grão em questão, do preço do óleo, do farelo de soja e da fase de produção dos suínos.

Com o novo cenário que envolve a instalação de usinas para produção de etanol a partir de cereais no estado do Rio Grande do Sul e com a perspectiva de uso de grãos de inverno para tal, a Embrapa Suínos e Aves foi demandada por esse setor e pelas cooperativas de grãos quanto a informações sobre o valor nutricional dos subprodutos resultantes desse processo para alimentação de suínos e aves. Assim, foi disponibilizado aos demandantes um amplo levantamento bibliográfico, baseado em literatura internacional, sobre a composição, valor nutricional e indicações de uso desses subprodutos na alimentação de suínos. Além disso, foi feita uma estimativa da capacidade de absorção dos subprodutos da produção de etanol nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina por parte das agroindústrias para alimentação de suínos e aves. A Embrapa aguarda o início da produção do etanol de cereais de inverno no Brasil para avaliação in vivo do valor nutricional de seus subprodutos.

Estratégias nutricionais para a melhoria da carne suína

Os consumidores, em todos os mercados, desejam produtos saborosos, seguros, saudáveis e com aparência atrativa, ou seja, produtos de alta qualidade. Entretanto, qualidade, na perspectiva do consumidor, é algo subjetivo, podendo variar entre indivíduos, sociedades e culturas. A quase totalidade da carne suína produzida no Brasil é originária de sistemas de produção confinados de grande escala, com genética, alimentação e manejo padronizados, apresentando, assim, desempenho produtivo padronizado, grande eficiência econômica e rigoroso controle sanitário. Nesse contexto, a qualidade da carne precisa apenas atender aos requisitos mínimos de qualidade para a industrialização. Porém, uma parcela dos consumidores almeja produtos com qualidades organolépticas superiores e, em função disso, a produção de produtos diferenciados de maior valor agregado para atender ao mercado de carne in natura e produtos processados gourmet ganhou espaço no Brasil na última década, através de pequenos e médios empreendedores.

Com isso, estão surgindo no mercado brasileiro produtos cárneos diferenciados para atender a esse crescente nicho de mercado. Essa produção é feita a partir de cruzamentos que envolvem raças nacionais, em sistemas diferenciados de criação e engorda, com dietas que proporcionam melhorias na qualidade e diferenciação esperadas. Pensando nisso, a Embrapa Suínos e Aves atuou no desenvolvimento de estratégias nutricionais visando à melhoria da qualidade da carne suína, considerando os aspectos de diferenciação através da modulação do perfil dos ácidos graxos, aumento da estabilidade oxidativa e aumento no conteúdo de marmoreio. O aumento no conteúdo de marmoreio foi obtido com a redução do nível de aminoácidos da dieta em diferentes genótipos, independentemente do grau de melhoramento para produção de carne.

Uma forma eficiente para modulação do perfil de ácidos graxos da gordura dos suínos é o uso de dietas especiais na fase de terminação, com a inclusão de ingredientes como óleos, sementes, farelos e tortas de oleaginosas, ou a polpa de determinadas frutas, ou de aditivos como ácidos linoleicos-conjugados (CLA). Em projetos desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Vinhos Scortegagna e Indústria de Embutidos Pepinão, foi comprovado que a inclusão de óleo de linho ou de um *blend* de óleo de linho e óleo de canola na dieta dos suínos, nas últimas seis a sete semanas antes do abate, resulta em aumento substancial nos níveis de ácidos graxos ômega-3 na gordura intramuscular e no toucinho. A suplementação da dieta com óleo de canola e óleo de soja proporciona aumentos mais modestos no conteúdo de ácidos graxos ômega-3 na gordura corporal suína. Esta estratégia

resulta em redução da relação ômega-6/ômega-3 para valores de 10:1 até menos de 4:1, em contraposição aos 15:1 a 20:1 observados em condições de produção convencional. Essas alterações na composição da gordura favorecem a saúde dos consumidores, devido aos efeitos já conhecidos dos ácidos graxos ômega-3 e da baixa relação ômega-6/ômega-3 na saúde humana.

Na linha de aumento da estabilidade oxidativa, foram obtidos resultados positivos com a inclusão de bagaço de uva na dieta, com melhoria da cor da carne. Além disso, a suplementação com extrato de semente de uva na dieta reduziu a oxidação da gordura associada à carne logo após o processamento e durante o armazenamento. Outros efeitos positivos obtidos com a inclusão do bagaço de uva na dieta foram o aumento do conteúdo de ácidos graxos ômega-3 e a redução da relação ômega-6/ômega-3 na gordura suína, além de aumento da gordura intramuscular. A suplementação da dieta com vitamina E, como era de se esperar, aumentou o conteúdo de tocoferol total e a estabilidade oxidativa da carne. Embora os efeitos do bagaço de uva não tenham sido contundentes quanto à qualidade da carne, considerando os efeitos observados, seu uso em arranjos produtivos locais com integração da produção de vinho com a produção de produtos processados de suínos com alto valor agregado se mostra viável e interessante.

Nessa linha, pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, atendendo demanda de empreendedores da serra gaúcha, participaram de um projeto de cooperação técnica visando o desenvolvimento de um presunto curado brasileiro. Essa interação teve sucesso e resultou na consolidação de uma empresa comercial localizada no município de Flores da Cunha, no Rio Grande do Sul, que produz e comercializa o presunto curado suíno denominado Gran Nero, agregando ainda mais valor à carne suína, aproveitando os recursos naturais, gerando empregos e contribuindo com o desenvolvimento da região. Em 2019, foi editado o livro Estratégias Nutricionais para Melhoria da Qualidade da Carne Suína, no qual estão reunidos os resultados dos estudos conduzidos nessa linha por nossa equipe ao longo das últimas duas décadas, juntamente com uma análise dos resultados publicados na literatura nacional e internacional.

Nutrição de precisão e eficiência de utilização do N

O uso racional dos recursos naturais e a necessidade de redução do efeito poluente da suinocultura, em um cenário de elevada concentração na produção, têm sido uma preocupação do setor e uma cobrança da sociedade nas últimas décadas. Mais uma vez, a Embrapa atuou no sentido de oferecer soluções nutricionais para esses problemas, buscando aumento na precisão da

formulação de rações e redução do desperdício de nutrientes. Uma das abordagens para atingir esses objetivos, desenvolvida em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), envolve a formulação de dietas com níveis nutricionais reduzidos, baseadas em requerimentos nutricionais estimados por modelos matemáticos dinâmicos, específicos para cada genótipo, em vez de recomendações padronizadas provenientes de tabelas de nutrição.

Ficou demonstrado que, com a formulação de dietas de suínos em crescimento-terminação, com níveis de nutrientes reduzidos de acordo com as exigências estimadas pelo modelo InraPorc®, foi possível manter o nível de desempenho, qualidade da carcaça e qualidade da carne, com redução de 8 a 22% na lisina digestível e de 1 a 15% no fósforo total, em comparação com a formulação com níveis de nutrientes baseados em padrões recomendados pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Essa estratégia resultou em uma redução de 7% no custo da alimentação e de 24 e 15% na excreção de N e P, respectivamente. Através do cálculo do ciclo de vida, também foi observado que o uso das dietas com níveis de nutrientes reduzidos diminuiu os impactos ambientais das mudanças climáticas e a ecotoxicidade terrestre em 4%, a acidificação e a eutrofização em 8 e 10%, respectivamente, e a ocupação da terra em 9%, mostrando-se uma importante alternativa para reduzir os custos ambientais da produção de suínos.

A estimativa das exigências de aminoácidos dos suínos MS115 x F1 foi obtida utilizando-se dois diferentes modelos, em trabalhos desenvolvidos em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Um dos modelos estimou as exigências de lisina digestível a partir da taxa de deposição diária de carne magra na carcaça, utilizando-se dados coletados na Embrapa, juntamente com os pressupostos do modelo para estimar os requerimentos de aminoácidos essenciais descritos no National Research Council (2012), e mostrou que as exigências de aminoácidos foram superiores às recomendações do National Research Council (2012) e similares às recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno, 2017) para suínos de alto potencial genético com desempenho regular-médio.

A outra metodologia utilizou o modelo matemático InraPorc® a partir dos dados de desempenho de suínos em crescimento-terminação, Ficou demonstrado que as exigências de lisina digestível do genótipo MS115 x F1 estavam abaixo dos níveis recomendados nas Tabelas Brasileiras (Rostagno, 2011) e no National Research Council (2012), embora a taxa de crescimento estivesse próxima do desempenho de genótipos de alto potencial genético preconizado nas Tabelas Brasileiras e acima do desempenho preconizado no NRC. Por outro

lado, a avaliação das exigências de lisina digestível de leitões de creche MS115 x F1, estimadas com a utilização do modelo InraPorc® em parceria com a UFSC, demonstrou que as exigências desses leitões nesta fase foram superiores às recomendadas no National Research Council (1998) e nas Tabelas Brasileiras (Rostagno, 2005). Portanto, os estudos desenvolvidos demonstraram que há diferenças importantes entre os diferentes modelos disponíveis para estimativa das exigências de aminoácidos para suínos e entre estes e as exigências médias estabelecidas nas tabelas de requerimentos nutricionais para suínos.

Com o uso do modelo InraPorc® também foram estimadas as exigências de aminoácidos de suínos resultantes da cruza MS115 x MO25C, em trabalho em parceria com a UFPR. Por ser preconizado para a produção de carne de qualidade superior aos genótipos industriais, esse genótipo apresenta crescimento mais lento e maior deposição de gordura. Exceto para a fase inicial, as exigências determinadas para esse genótipo mostraram-se inferiores às estimadas para os suínos MS115 a partir do mesmo modelo. Esses resultados demonstram a necessidade constante de ajuste nos níveis de nutrientes fornecidos nas dietas de suínos, com base em estimativas das exigências obtidas por métodos fatoriais, levando-se em conta fatores específicos de cada genótipo, como o potencial de desempenho, o consumo de alimento e a deposição de carne magra, bem como as necessidades específicas para a potencialização da qualidade da carne, em contrapartida ao uso de recomendações estáticas provenientes de tabelas de exigências nutricionais.

Novos ingredientes e fontes de proteína para leitões

A fase de creche, especialmente no seu início, é um período extremamente delicado na produção de suínos, pois, além do estresse do desmame, a imaturidade do sistema digestivo e a fragilidade do sistema imune, aliados à mudança no padrão e na textura da dieta, impõem desafios consideráveis aos leitões. Com a intensificação da taxa de crescimento proporcionada pelos ganhos genéticos, esses desafios têm se tornado mais prementes ao longo das duas últimas décadas. Além disso, há um apelo pela retirada dos antimicrobianos promotores de crescimento das dietas dos suínos, processo que está em curso no momento. Por isso, ingredientes altamente digestíveis e com propriedades funcionais, bem como aditivos que auxiliem no desempenho e na manutenção da integridade intestinal e do status sanitário dos leitões nessa fase, têm sido intensamente estudados. Uma grande variedade de ingredientes especiais de origem vegetal ou animal e de aditivos tem sido utilizada nas dietas pré-iniciais e iniciais de leitões.

A proteína concentrada de soja é um ingrediente de alta digestibilidade, obtido a partir de uma sequência de passos no processamento da soja, que resulta

em um produto livre de carboidratos indigestíveis, antígenos alergênicos e fatores antitrípticos encontrados na soja integral e em alguns outros subprodutos da soja. Portanto, é esperado que a substituição de parte do farelo de soja da dieta dos leitões por proteína concentrada de soja resulte em aumento da digestibilidade da dieta, na redução dos danos à parede intestinal e, consequentemente, na melhoria do desempenho e na redução da incidência de diarreia após o desmame. No entanto, em trabalho desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a UFRPE, a substituição de parte do farelo de soja por proteína concentrada de soja convencional ou submetida à hidrólise com protease nas dietas pré-inicial e iniciais não proporcionou ganhos adicionais no desempenho nem redução da incidência de diarreia. A razão para a falta de resposta provavelmente está relacionada aos elevados níveis de soro de leite em pó, ao óxido de zinco em níveis supranutricionais e ao ácido fumárico presentes em todas as dietas experimentais, os quais podem ter proporcionado um nível de digestibilidade e saúde intestinal suficientes para o bom desempenho dos leitões, sem a necessidade de substituição do farelo de soja por proteína concentrada de soja.

Portanto, a contribuição de novos ingredientes especiais para o melhor desempenho e saúde dos leitões na fase pós-desmame está condicionada à combinação de ingredientes e ao grau de complexidade das dietas já utilizadas. Seu uso deve ser cuidadosamente avaliado do ponto de vista de custo/benefício, pois muitas vezes concorrem para o encarecimento das dietas, porém sem ganhos adicionais.

Referências

ROSTAGNO, H. S. (ed). **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2005. 186 p.

ROSTAGNO, H. S. (ed.). **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011. 251 p.

ROSTAGNO, H. S. (ed.). **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2017. 488 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10. th. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1998. 189 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11. th. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012. 400 p. (Animal nutrition series).

Literatura recomendada

ALMEIDA, B. C. da S.; LUDKE, M. do C. M. M.; BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; BERNARDI, D. M.; CUNHA JUNIOR, A.; COLDEBELLA, A. Growth performance, meat quality, and lipid oxidation in pigs fed diets containing grape pomace. **Applied Bioscience**, v. 3, p. 378–391, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/applbiosci3030025.

BERNARDI, D. M.; BERTOL, T. M.; COLDEBELLA, A.; CUNHA JUNIOR, A.; ALMEIDA, B. C. S.; RODRIGUES, J. B.; ARELLANO, D. B.; GODOY, H. T.; MEINHART, A. D.; PARIS, L. D. de; SGARBIERI, V. C. Effects of dietary flaxseed oil with or without products with antioxidant properties on pig performance, carcass characteristics, meat quality, and oxidative stability. **Animal Production Science**, v. 62, n. 18, p. 1789-1804, 2022. DOI: https://doi.org/10.1071/AN21458.

BERTOL, T. M. (ed.). **Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne suína**. Brasília: Embrapa, 2019. 296 p.

BERTOL, T. M.; CAMPOS, R. M. L. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; FIGUEIREDO, E. A. P. de; TERRA, N. N.; AGNES, I. B. L. Qualidade da carne e desempenho de genótipos de suínos alimentados com dois níveis de aminoácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 621-629, 2010.

BERTOL, T. M.; CAMPOS, R. M. L. de; LUDKE, J. V.; TERRA, N. N.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; KAWSKI, V. L.; LEHR, N. M. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. **Meat Science**, v. 93, p. 507–516, 2013. DOI: https://doi. org/10.1016/j.meatsci.2012.11.012.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; COLDEBELLA, A.; RECH, H. Nutritional value and prediction of digestible and metabolizable energy of full-fat deactivated soybeans for pigs. **Animal Bioscience**, v. 38, n. 1, p. 92-105, 2025. DOI: https://doi.org/10.5713/ab.23.0519.

BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; LUDKE, J. V.; TALAMINI, D. J. D. **Determinação da equivalência trigo, triticale e milho na formulação de rações para suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 20 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 566).

MONTEIRO, A. N. T. R.; BERTOL, T. M.; KESSLER, A. de M. Applying precision feeding to improve the nitrogen efficiency of swine production: a review of possible practices and obstacles. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, p. 1-9, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2160596.

MONTEIRO, A. N. T. R.; BERTOL, T. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de; DOURMAD, J. Y.; COLDEBELLA, A.; KESSLER, A. M. The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. **Livestock Science**, v. 198, p. 162-169, 2017.

RECH, H; FRAGA, A. Z.; FRANCESCHI, C. H.; MARIANI, A. B.; OLIVEIRA, C. R. de; GALLI, G. M.; LÉTOURNEAU-MONTMINY, M-P; HAUSCHILD, L.; BERTOL, T. M.; ANDRETTA, I. Variability in distillers' co-product compositions and their nutritional availability for pigs: Insights from a systematic literature review. **Animals**, v. 14, p. 3455, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/ani14233455.

CAPÍTULO 6

Saúde dos suínos como base para uma produção sustentável

Catia Silene Klein, Jalusa Deon Kich, Janice Reis Ciacci Zanella, Josir Laine Aparecida Veschi, Marcos Antonio Zanella Mores, Raquel Rebelatto e Rejane Schaefer

Sanidade: apoio essencial para o progresso em suínos | 1975–2010

Uma das áreas da Embrapa Suínos e Aves mais demandadas pela cadeia produtiva de suínos entre 1975 e 2010 foi a de sanidade animal. São vários os resultados importantes alcançados. Entre as primeiras contribuições da Unidade estão os estudos sobre leptospirose. De 1981 e 1982, foi realizado um estudo epidemiológico para presença de aglutininas antileptospira em 65 granjas de reprodutores suínos de Santa Catarina. Embora tenha sido encontrado 27,7% dos rebanhos reagentes, o número de animais positivos foi pequeno (1,7%) e para sorovares não patogênicos para os suínos, mas apenas de interesse em saúde pública.

A Embrapa fez também várias entregas relacionadas à rinite atrófica entre 1977 e 1992. Entre essas entregas, estão estudos sobre a disseminação da doença no Brasil, elaboração de um índice para classificação e acompanhamento de rebanhos suínos com rinite atrófica, desenvolvimento de metodologia de exame clínico de suínos para diagnóstico e pesquisas sobre impacto econômico da rinite atrófica. Na década de 1980, a Unidade desenvolveu a primeira vacina (bacteriana) para o controle da doença, um marco para o seu controle no Brasil. Já entre 1979 e 1985, a Embrapa fez estudos da ocorrência da sarna sarcóptica em suínos, que acusaram positividade de 28,1%, revelando que a infestação estava bastante disseminada nos rebanhos suínos. Posteriormente, entre 1994 e 1995, foi constatada a ocorrência de infestação pela parasitose tungíase, em Sistema Intensivo de Criação ao Ar Livre (Siscal), antes não identificada em suínos criados confinados.

As enfermidades do aparelho locomotor dos suínos representaram um tópico de grande importância por limitarem a produtividade dos animais. Entre 1979 e 1984, foram realizados estudos descrevendo as enfermidades, tratamentos curativos e preventivos. Foram ainda disponibilizadas publicações técnicas. No período de 1979 a 1999, a Embrapa realizou vários estudos importantes sobre doenças respiratórias. No final dos anos 1990, a Unidade desenvolveu metodologia clínica de contagem de tosse e espirros em suínos de crescimento e terminação para estimar a ocorrência de pneumonia e rinite atrófica.

Além disso, a Unidade desenvolveu um extenso programa de pesquisas sobre pleuropneumonia suína (PPS) entre 1992 e 2005. Foram disponibilizados testes sorológicos Elisa baseados em antígenos capsulares, que permitiram a detecção de anticorpos de todos os sorotipos de *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App) em granjas de suínos. Diversos testes de PCR para detecção de genes de toxinas (tox I, II e III) e de cápsula (cpx) de App também foram estabelecidos para

a detecção precoce, sem a necessidade de sacrifício de animais, além de detectar especificamente amostras patogênicas

Fatores de risco na suinocultura

Os trabalhos de identificação de fatores de risco, desenvolvidos de forma pioneira na França, iniciaram-se na Embrapa Suínos e Aves em 1989. Os resultados que identificaram os principais fatores de risco associados à ocorrência de problemas sanitários complexos foram validados através da instalação de várias unidades de observação e, posteriormente, amplamente divulgados para os técnicos que assistem os suinocultores. Para cada um dos problemas estudados foram gerados e padronizados protocolos específicos.

"Uma das áreas da Embrapa Suínos e Aves **mais demandadas** pela cadeia produtiva de suínos entre 1975 e 2010 foi a de sanidade animal."

A Embrapa Suínos e Aves, em parceria com o governo de Santa Catarina, agroindústrias e produtores, iniciou em 2001 um programa pioneiro no país para a erradicação da doença de Aujeszky (DA) no Estado. O programa avaliou cerca de 1 mil rebanhos suínos em Santa Catarina e eliminou a doença em 238 deles. Em 2004, o Estado foi reconhecido como zona provisoriamente livre da DA, atendendo normas de Código Zoosanitário Internacional. A partir de 2006, um programa de vigilância sanitária para a DA passou a ser conduzido pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc), órgão de defesa sanitária animal no Estado

A Unidade fez ainda o primeiro diagnóstico no Brasil da síndrome multissistêmica do definhamento (SMD), associada ao circovírus suíno tipo 2 (PCV2), em 2000. A partir daí, foram padronizados vários métodos de diagnóstico rápido e eficientes para identificação do PCV2, destacando-se a PCR em tecidos frescos e a IHQ em cortes de tecidos em parafina. A Embrapa fez também recomendações sobre como usar a baia hospital para recuperar animais afetados pela doença.

Saúde dos suínos como base para uma produção sustentável

A suinocultura brasileira se destaca pelas condições sanitárias privilegiadas que apresenta. O país está livre das principais doenças que impactam negativamente a suinocultura de outros países com sistemas intensivos de produção. Entre elas, destacam-se a peste suína africana (PSA), a síndrome respiratória e reprodutiva dos suínos (PRRS) e a diarreia epidêmica suína (PED), que causam grandes prejuízos à indústria e aos suinocultores.

Por outro lado, nas últimas décadas, algumas doenças previamente controladas voltaram a emergir, enquanto novas enfermidades passaram a representar desafios para a suinocultura brasileira. Entre as doenças reemergentes, destaca-se a disenteria suína, causada pela bactéria *Brachyspira hyodysenteriae*. Essa doença foi relatada com frequência nas décadas de 1980 e 1990, mas permaneceu sob controle por cerca de 20 anos. No entanto, em 2010, casos de diarreia com sangue em suínos começaram a ser registrados em diversas regiões do país. Desde então, a doença se espalhou rapidamente, tornando-se um grande desafio devido à resistência da bactéria ao antimicrobiano de escolha, a tiamulina. Atualmente, graças a medidas eficazes de erradicação, a doença voltou a estar sob controle no Brasil.

A salmonelose clínica, especialmente na forma septicêmica, causada pela infecção por *Salmonella* Choleraesuis, foi outra enfermidade que, por muitos anos, apresentou baixa prevalência nas granjas de suínos. No entanto, reemergiu

no início da década passada, espalhando-se rapidamente e gerando prejuízos devido ao aumento da mortalidade e aos custos com medicamentos e vacinas para controle (Meneguzzi et al., 2021).

Além disso, a salmonelose entérica, causada por *Salmonella* Typhimurium, também teve sua prevalência elevada nos últimos anos, sendo, frequentemente, associada a cepas multirresistentes aos antimicrobianos. Atualmente, a principal responsável pela doença é uma variante denominada *S.* Typhimurium monofásica, caracterizada pela ausência do antígeno flagelar 2. Apesar da relevância clínica da doença nas granjas suínas, ainda não havia dados epidemiológicos disponíveis sobre os sorotipos, a distribuição geográfica, o perfil de resistência antimicrobiana e a relação genética entre as cepas.

Entre as doenças que emergiram neste período, destaca-se a infecção pelo vírus influenza A (IAV). Embora a primeira detecção do IAV em suínos no Brasil tenha sido em 1974, até 2009 surtos de infecção respiratória aguda em suínos eram pouco frequentes no país. Entretanto, estudos soroepidemiológicos realizados neste período indicavam que o IAV estava circulando em rebanhos suínos (Brentano et al., 2002). Em 2009, com a introdução do vírus pandêmico H1N1 (H1N1pdm09) em suínos (Schaefer et al., 2011), a doença rapidamente se disseminou em todas as regiões brasileiras, sendo nos últimos anos a doença respiratória mais prevalente nas granjas de produção de suínos (Ciacci-Zanella et al., 2015a). Atualmente, outros subtipos do vírus também são detectados causando doença clínica, como o H3N2 e o H1N2 (Haach et al., 2019; Haach et al., 2020, Ferreira et al., 2022).

O senecavírus A (SVA) foi outro agente viral que emergiu nas criações brasileiras entre os anos de 2014 e 2015 (Leme et al., 2015). Anteriormente, o SVA não havia sido relacionado com quadros clínicos no Brasil. Os quadros clínicos cursando com lesões vesiculares no focinho, mucosa oral e coroa dos cascos, além de ocorrência de mortalidade em leitões recém-nascidos, disseminaram -se rapidamente nas principais regiões com produção intensiva de suínos (Leme et al., 2015). A similaridade das lesões vesiculares com as lesões causadas pela infecção com o vírus da febre aftosa trouxe muitos transtornos, principalmente nos abatedouros, devido à necessidade em se fazer a diferenciação entre as duas doenças.

A circovirose suína ou infecção causada pelo circovírus suíno tipo 2 (*Circovirus porcine2* - PCV2), apesar das medidas de controle nas granjas e uso frequente de vacinas comerciais, continua sendo um problema. Inicialmente identificada no país no início dos anos 2000 (Ciacci-Zanella; Morés, 2003), atualmente apresenta-se na forma subclínica em rebanhos vacinados e tem-se caracterizado por emergência de novos genótipos causando doença clínica (Franzo; Segalés, 2020). Além da emergência de genótipos do PCV2, outros circovírus como o PCV3 e o PCV4 também emergiram mundialmente, sendo

até o momento somente o PCV3 identificado no Brasil (Souza et al., 2021; Miotto et al., 2024). Todos, o PCV2, PCV3 e PCV4 causam doenças clínicas e ocorrem na maioria das vezes em coinfecções.

A meningite estreptocócica, causada pela bactéria *Streptococcus suis*, sempre esteve entre as doenças mais prevalentes nas granjas de criação intensiva no Brasil. No entanto, a introdução do sorotipo 9 em algumas regiões a partir de 2019 tem resultado em quadros clínicos mais severos, com taxas de mortalidade que, em muitos casos, ultrapassam 20% nos lotes de creche (Hammerschmitt et al., 2022). O controle da doença tem se mostrado particularmente desafiador em regiões de alta densidade suinícola, como o Oeste do Paraná. Os principais obstáculos incluem a elevada resistência da bactéria aos antimicrobianos disponíveis e a baixa eficácia das vacinas atualmente utilizadas.

Quanto à pneumonia ocasionada por *Pasteurella multocida* A (PmA), foram realizados importantes estudos, levando à identificação de cepas, anteriormente consideradas oportunistas, que foram associadas a graves lesões pulmonares necróticas e hemorrágicas, observadas tanto em surtos de campo como em condições experimentais (Oliveira Filho et al., 2013; Oliveira Filho et al., 2015; Kich et al., 2007). Por meio de estudos moleculares, sequenciamento de genomas de oito cepas com diferentes perfis e estudos de infecção experimental, foi possível obter informações importantes sobre o papel de amostras de PmA na patogênese de lesões pneumônicas em suínos (Oliveira Filho et al., 2018).

Atualmente, a PmA tem sido identificada em casos clínicos de campo em animais nas fases de crescimento e terminação, na maioria das vezes associada a infecções pelo *Mycoplasma hyopneumoniae* ou vírus influenza. Também é uma das bactérias mais encontrada em lesões de abate, caracterizadas como nódulos pulmonares, pleurites, pericardites ou poliserosites, sendo causa frequente de desvios ao DIF e condenações de carcaças. A utilização de vacinas autógenas tem sido a principal forma utilizada pelas indústrias e produtores para o controle da infecção.

A combinação de patógenos endêmicos, associada às tecnopatias pré-abate e falhas no processamento durante o abate, impacta a sustentabilidade do sistema, resultando na desqualificação da matéria-prima para comercialização in natura. Esse cenário gerou um intenso debate no setor produtivo, levando a Embrapa Suínos e Aves a ser convocada para diagnosticar a situação e desenvolver estratégias de mitigação do problema.

Em síntese, a sanidade de rebanhos suínos brasileiros é considerada acima da média. Todavia, doenças emergentes e reemergentes são desafios tanto para a saúde animal como para a saúde humana. Por isso, é importante a abordagem multidisciplinar em Saúde Única, que estuda a inter-relação entre a saúde animal, humana e vários aspectos ambientais (Zanella; Zanella, 2023).

Contribuições de impacto para a sanidade de suínos

As principais contribuições da Embrapa Suínos e Aves em sanidade de suínos no período de 2010 a 2025 concentraram-se em doenças respiratórias, entéricas, sistêmicas, reprodutivas e vesiculares. Os principais resultados dessas pesquisas e inovações são apresentados a seguir.

Embrapa desenvolve vários estudos sobre doenças respiratórias

As infecções respiratórias em suínos são responsáveis pelas maiores perdas na produção devido à diminuição do ganho de peso, a condenações de carcaças, ao aumento da mortalidade e aos custos extras com antimicrobianos e vacinas. Estas infecções são coletivamente conhecidas como doenças do complexo respiratório suíno (PRDC), doença multifatorial causada pela interação de componentes não infecciosos (ambiente, manejo, idade, genética e nutrição) com patógenos virais e bacterianos. Os patógenos mais relevantes mundialmente no PRDC são o *Influenzavirus* A (IAV), o vírus da síndrome reprodutiva e respiratória suína (PRRSV), o circovírus suíno (PCV2), o *Mycoplasma hyopneumoniae* (Mhyo) e bactérias piogênicas (Opriessnig et al., 2011). Usualmente, as coinfecções levam a uma doença respiratória severa.

A investigação da etiologia das lesões pulmonares em suínos com sinais respiratórios faz parte de vários projetos de pesquisa realizados na Embrapa Suínos e Aves, a qual tem historicamente contribuído com este tema. No período entre os anos 2000 e 2009, os principais patógenos envolvidos em infecções respiratórias em suínos no Brasil eram o *Mhyo*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App) e o Circovírus suíno tipo 2 (*Circovirus porcine2* - PCV2). O *Mhyo* é considerado um dos agentes patogênicos mais prevalentes associados a infecções respiratórias em suínos de terminação, juntamente com a *Pasteurella multocida* tipo A (PmA). As doenças associadas ao PCV2 (PCVD), principalmente a síndrome multissistêmica do definhamento (SMD) do suíno, eram altamente prevalentes nos rebanhos suínos antes da introdução da vacinação para o PCV2, em 2008. A SMD é atualmente conhecida como doença sistêmica do PCV2 (PCV2-SD).

Em relação à ocorrência de PRRS, o Brasil é considerado livre dessa doença e a Embrapa Suínos e Aves teve uma contribuição importante na avaliação de diferentes amostras biológicas coletadas de suínos de criações comerciais, suínos importados (mantidos em quarentena na entrada no Brasil) e suínos asselvajados. Entre 2009 e 2010, foram coletadas amostras de órgãos de fetos provenientes de porcas com falhas reprodutivas e de órgãos reprodutivos de porcas descartadas. As amostras foram testadas por transcrição reversa-reação em cadeia da polimerase

(RT-PCR) para detecção do PRRSV, com todas apresentando resultado negativo (Ciacci-Zanella et al., 2012a). Em 2012, amostras de *spray-dry* de plasma suíno oriundos de uma empresa produtora de plasma localizada no estado de Santa Catarina foram analisadas quanto à presença de anticorpos e RNA do PRRSV, onde também não foram encontrados indícios de infecção por PRRSV em rebanhos suínos brasileiros (Crenshaw et al., 2014). Um trabalho mais abrangente avaliou pelo teste de Elisa e RT-PCR 14.382 amostras coletadas entre 2008 e 2020, incluindo amostras clínicas de soro, plasma e fluido oral, compreendendo 137 rebanhos, além de suínos de vida livre, em oito estados brasileiros, com resultado negativo para todas as amostras analisadas. Essas ações permitiram concluir sobre a ausência de infecção por PRRSV nos suínos testados (Gava et al., 2022).

Vírus influenza A é tema de diversos esforços de pesquisa

Em relação à influenza A, o cenário mudou a partir de 2009, com o surgimento no Brasil do vírus influenza pandêmico H1N1pdm09, identificado em suínos pela primeira vez no país pela Embrapa Suínos e Aves (Schaefer et al., 2011). A partir de então, surtos frequentes foram observados em granjas de suínos em vários estados brasileiros ((Ciacci-Zanella et al., 2015a) e o IAV foi o patógeno viral detectado com maior frequência em casos de infecção respiratória em suínos (Rech et al., 2018). Atualmente, a influenza é considerada endêmica em suínos com circulação dos subtipos H1N1, H1N2 e H3N2. Embora o número de subtipos virais seja restrito em suínos, uma grande diversidade genética é observada para cada subtipo viral.

A Unidade desenvolve projetos de pesquisa em influenza suína desde 2005 (Schaefer et al., 2008) e tem direcionado esforços para o desenvolvimento e validação de técnicas de diagnóstico molecular para a rápida detecção e diferenciação de subtipos virais (Haach et al., 2019, Haach et al., 2020, Vendruscolo et al. 2024) e caracterização de cepas virais, por meio de sequenciamento de genomas completos e análises filogenéticas. Esses esforços visam acompanhar a evolução genética e antigênica dos vírus que circulam em suínos no Brasil. A caracterização de cepas virais por RT-PCR de subtipagem evidenciou a ampla distribuição dos vírus H1N1, H1N2 e H3N2 em vários estados brasileiros (Mori et al., 2020; Haach et al., 2020; Ferreira et al., 2022; Goslar et al., 2023).

Todavia, a partir de 2017, em decorrência da ampliação das colheitas de amostras, foi observado um aumento na frequência de detecção das linhagens dos vírus influenza de origem humana H1N2 e H3N2 e a ocorrência de infecções mistas (ex.: quando dois subtipos virais são detectados na mesma amostra biológica) em 2,8% dos casos. A partir de 2020, foram detectadas muitas amostras com subtipagem parcial.

Dentre as pesquisas de análise de integradoras no Sul do Brasil, três estudos liderados pela Embrapa Suínos e Aves em parceria com o Instituto Federal Catarinense (IFC) Campus Concórdia se destacaram. O primeiro foi conduzido na região Oeste de Santa Catarina e avaliou a prevalência da influenza A (IAV) em um universo de 21.268 leitões. O segundo estudo, também realizado em uma integração no Oeste catarinense, buscou analisar 175 granjas com elevada ou baixa biosseguridade, incluindo também análises comparativas entre suabe nasal (NS) convencional e lenço nasal (gaze ou *nasal wipe* - NW) (Vendruscolo et al., 2024). E o terceiro estudo detectou IAV em 16,65% de 1.988 amostras de suínos das fases de creche e terminação em 331 granjas e quatro unidades integradoras dos três estados do Sul do Brasil, sendo que a prevalência entre elas variou entre 26,68% e 7,08% (Goslar et al., 2023).

Em relação aos estudos de evolução dos vírus influenza A em suínos no Brasil, a Embrapa Suínos e Aves tem tido um papel de destaque no sequenciamento de isolados virais obtidos de suínos de granjas em vários estados brasileiros. Um dos pontos a serem destacados na análise filogenética dos vírus influenza dos subtipos H1N1, H1N2 e H3N2 é a grande diversidade genética. As análises mostraram que os vírus que circulam no Brasil são geneticamente e antigenicamente distintos dos vírus que circulam em suínos em outros países. Isso se deve, principalmente, à introdução em suínos de vírus da influenza humana sazonal, seguido por ocorrência de eventos de rearranjo gênico (*antigenic shift*) entre os vírus influenza endêmicos em suínos e o H1N1pdm09 (Nelson et al., 2015).

Os eventos de mutação levaram a um aumento da diversidade genética ao longo dos anos e trazem muitos desafios para o controle da doença por meio de vacinação. Neste mesmo tema, a Embrapa Suínos e Aves teve também uma grande contribuição na análise de fatores de risco associados ao aumento da prevalência da influenza em rebanhos suínos e no desenvolvimento e validação de uma vacina virossomal contendo as glicoproteínas dos subtipos virais mais prevalentes em suínos no Brasil.

As medidas de biosseguridade em rebanhos suínos são cruciais para impedir a transmissão de patógenos altamente contagiosos. O estudo realizado avaliou o efeito das práticas de biosseguridade na soroprevalência do IAV em 404 matrizes de 21 rebanhos. O estudo concluiu que a prevenção do contato entre espécies silvestres e suínos e o uso de uma área de adaptação (aclimatação) para leitoas antes da entrada no rebanho podem ajudar a controlar a entrada do vírus influenza em rebanhos reprodutores. Outro estudo avaliou fatores de risco associados à soroprevalência para IAV em rebanhos de subsistência, população animal não monitorada para o IAV. Foram avaliados 1.667 soros coletados em 2012 e em 2014 em 479 propriedades, sendo a soroprevalência estimada para IAV de 5,3% (3,84–7,33%) e 2,3% (1,34–3,71%) nos anos respectivos.

Em relação à imunização para influenza, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu uma vacina virossomal polivalente, contendo as glicoproteínas hemaglutinina e neuraminidase, derivadas de cepas virais dos subtipos H1N1, H1N2 e H3N2 circulantes em suínos no Brasil. Os virossomas são *virus-like particles* produzidos in vitro com componentes purificados do envelope viral, e com isso não apresentam material genético e proteínas internas do vírus nativo, sendo, portanto, consideradas vacinas seguras, sem risco de ocorrência de reversão à virulência em animais vacinados. As principais vantagens deste tipo de vacina são a possibilidade de atualização dos antígenos virais, na formulação da vacina, à medida em que ocorrerem mudanças nos vírus circulantes em suínos, além da indução tanto de imunidade humoral como celular.

Outra contribuição importante da Embrapa Suínos e Aves nos últimos anos foi a elucidação de casos em humanos de influenza zoonótica, em apoio ao Laboratório de Vírus Respiratórios, Exantemáticos, Enterovírus e Emergências Virais (LVRE) do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), que é também Centro de Referência Nacional em Influenza junto ao Ministério da Saúde e Organização Mundial de Saúde (OMS). As infecções zoonóticas, quando se verifica transmissão do IAV de suínos para humanos, são consideradas esporádicas e ocorrem especialmente devido ao contato próximo entre humanos e suínos. Quando os IAVs de suínos (dos subtipos H1N1, H1N2 e H3N2) são detectados em humanos, são identificados com um "v" de "variante".

No Brasil, já foram diagnosticadas oito infecções humanas com variantes do IAV, todas detectadas no estado do Paraná, entre 2015 e 2023 (Resende et al., 2017; Resende et al., 2024). Além disso, dados recentes obtidos por cartografia antigênica, que avaliou a capacidade das vacinas para a influenza humana sazonal em induzirem proteção contra os vírus isolados de suínos entre 2010 e 2018, mostraram que nenhuma cepa vacinal analisada no estudo é suficientemente similar para induzir proteção significativa contra a infecção por um vírus de suínos do subtipo H1 ou H3 (Lopes et al., 2023).

Embrapa aprofunda conhecimento sobre o circovírus suíno

Desde a primeira descrição do PCV2 no Brasil no início dos anos 2000 (Ciacci-Zanella; Morés, 2003), vários estudos foram realizados visando o diagnóstico e caracterização de diferentes tipos virais (PCV1, PCV2, PCV3, PCV4) e genótipos virais (PCV2a, PCV2b e PCV2d). Um estudo realizado entre 2021 e 2022 avaliou por PCR amostras de suínos de oito estados brasileiros e de diferentes fases da produção, sendo reportada uma maior detecção do genótipo PCV2b em amostras de suínos na fase de creche, e do PCV2d em suínos de terminações e

rebanho reprodutor. Neste estudo, não foi detectado o genótipo PCV2a (primeiro genótipo viral descrito mundialmente), o qual faz parte da maioria das vacinas disponíveis comercialmente (Miotto et al., 2024).

Embora as vacinas para PCV2 tenham sido amplamente utilizadas no Brasil desde 2008, e os casos de doença sistêmica (PCV2-SD) tenham sido controlados, surtos de PCV2-SD começaram a ser relatados nos últimos anos. Com o objetivo de investigar casos de PCV2-SD em rebanhos vacinados, a Embrapa Suínos e Aves realizou um trabalho junto a oito granjas no sul do Brasil vacinadas com PCV2, e com registros históricos de PCV2-SD para sequenciar genomas virais a partir de amostras de linfonodos dos suínos selecionados. A partir disso, construiu um modelo estrutural para identificar as posições dos resíduos mutados na proteína do capsídeo viral. Estas pesquisas e o desenvolvimento de metodologias para genotipagem do PCV2 fornecem informações valiosas e oferecem novas oportunidades de controle para a proteção contra o PCV2.

Assim como para PCV2, a Embrapa Suínos e Aves também teve contribuições importantes no diagnóstico e caracterização do parvovírus suíno (PPV) e demais vírus DNA de fita simples, muitas vezes associados à infecção pelo PCV2. No caso do PPV e PCV2, esta infecção mista foi implicada como sendo um "gatilho" no desenvolvimento da doença sistêmica associada ao PCV2 (PCV2-SD).

O circovírus suíno tipo 3 (PCV3) é um patógeno emergente, identificado pela primeira vez em suínos domésticos nos Estados Unidos e posteriormente detectado em vários outros países, incluindo o Brasil. Embora o PCV3 tenha sido também detectado em javalis, informações sobre sua circulação nesta população animal de vida livre são escassas. O estudo realizado teve como objetivo investigar a ocorrência do PCV3 em javalis de vida livre no estado do Paraná. Não há evidências de que o PCV3 cause doença em javalis. Contudo, o monitoramento da circulação de PCV3 em javalis e suínos asselvajados é importante para a biosseguridade da suinocultura, pois esses animais compartilham patógenos com suínos domésticos (Souza et al., 2021).

Vários estudos focaram na caracterização da infecção no aparelho reprodutivo de porcas e de cachaços, assim como na detecção de PCV2 em coinfecções com diversos vírus, bactérias ou parasitas que causam perdas reprodutivas (Ritterbusch et al., 2010, Rocha et al., 2010, Gava et al., 2011, Caron et al., 2011). Os resultados destas pesquisas foram possíveis após o desenvolvimento de várias metodologias de diagnóstico, como nested-PCR e imunohistoquímica em tecidos fetais ou em órgãos reprodutivos. Os estudos também examinaram a presença de PCV2, PCV, TTV1, TTV2 em fetos e natimortos com infecção natural, em órgãos reprodutivos, sêmen de cachaços e no fluido ovariano de fêmeas descartadas. Além dos agentes virais como PPV, PPV4, TTV1, TTV2, PCV2 e PCV1,

foram também investigados outros agentes infecciosos como o *Mycoplasma suis* causador da eperythrozoonose suína ou hemoplasmose suína em fetos e porcas com falha reprodutiva (Bordin et al., 2021). A pesquisa incluiu o diagnóstico para outros agentes, como o vírus da síndrome reprodutiva e respiratória suína, doença de Aujeszky, peste suína clássica, brucelose, leptospirose, erisipela suína e toxoplasmose (Lima et al., 2010).

Teste PCR diferencia cepa altamente patogênica de Pasteurelose

Surtos de doença respiratória aguda grave em suínos de terminação com diagnóstico de pasteurelose causada por *Pasteurella multocida* tipo A (PmA) (Figura 6.1) começaram a ser identificados em granjas no Sul do Brasil a partir de 2007. Os animais apresentavam lesões severas de pleuropneumonia fibrinonecrótica, lesões semelhantes aos quadros de pleuropneumonia por *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App like) (Kich et al., 2007).

Visando melhor entender o papel da PmA nestes quadros, visto que este agente até então era considerado somente como secundário, oportunista, a partir de 2012, uma parceria entre Embrapa e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) iniciou um projeto de pesquisa fundamental para o esclarecimento quanto a problemas respiratórios graves em suínos. Neste projeto, foram colhidas amostras de animais com doença respiratória em granjas e de lesões pulmonares nos abatedouros de oito estados (SC, RS, PR, MT, MS, MG, GO e SP) com importante produção de suínos no Brasil.

Os resultados de diagnóstico apontaram a PmA como a principal bactéria envolvida nestes quadros (Morés et al., 2015a) e comprovaram a existência de cepas de PmA altamente patogênicas, com capacidade de causar doenças sem a necessidade de coinfecções. Outra contribuição do trabalho foi o desenvolvimento de um teste de PCR que diferencia as cepas positivas para o gene pfhA (altamente patogênicas) de outras cepas (Oliveira Filho et al., 2018). Entre as atividades do projeto, também foram desenvolvidas e padronizadas duas técnicas de diagnóstico de PmA em tecidos parafinados, a hibridização in situ fluorescente (Morés et al., 2015b) e a imuno-histoquímica (IHQ).

Na sequência do trabalho, foram avaliadas experimentalmente duas bacterinas produzidas com uma das cepas de alta patogenicidade na proteção de camundongos e suínos SPFs desafiados com cepas homóloga e heterólogas. Foram testadas duas formulações produzidas com adjuvante oleoso e aquoso. As duas formulações demonstraram efetividade na proteção dos animais, porém a vacina com adjuvante oleoso induziu maiores reações inflamatórias no local de aplicação (Lazzarotto et al., 2015).

Foto: Monalisa Leal Pereira

Figura 6.1. *Pasteurella multocida* A (PmA).

Estudos abrangentes sobre surtos de salmonelose

Devido ao aumento dos surtos de salmonelose clínica no Brasil no período mencionado, a Embrapa Suínos e Aves coordenou um estudo abrangente que investigou 130 surtos da doença no país. O trabalho contou com a colaboração de laboratórios públicos e privados, que confirmaram a presença da doença por meio de pesquisa bacteriológica, identificando o agente causal.

As amostras foram provenientes de 10 estados brasileiros e foram caracterizadas utilizando sorotipagem, análise de resistência antimicrobiana, eletroforese em gel de campo pulsado (PFGE) e sequenciamento de genoma completo (WGS). A identificação de um grande grupo clonal de *S. Choleraesuis*, compartilhando o mesmo pulsotipo entre vários estados brasileiros, sugere uma estreita relação entre esses isolados. Para apoiar essa hipótese, seis isolados representativos de diferentes locais e anos foram selecionados para WGS. Os resultados confirmaram que as cepas compartilham genes comuns de resistência antimicrobiana, o mesmo tipo de sequência (ST-145) e poucas diferenças de SNPs (11 a 47 SNP), indicando uma grande semelhança genética. Esses resultados sugerem que a salmonelose é endêmica nos principais estados produtores de suínos no Brasil. Diante disso, destaca-se a necessidade urgente de se obter mais informações que possam fornecer orientações para o controle de patógenos e a erradicação da doença.

Identificação das causas de condenações de carcaças suínas

A condenação de carcaças nos abatedouros é um tema bastante recorrente em sanidade de suínos, para o qual a Embrapa Suínos e Aves tem sido cada vez mais demandada pelas empresas e pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). As causas sanitárias são responsáveis por cerca de 50% do total de condenações, sendo as lesões respiratórias as mais frequentes, respondendo por 80% das causas sanitárias (Coldebella et al., 2017). Nos últimos anos, a Unidade tem trabalhado neste tema por meio de acordos de cooperação técnica e ações de prestação de serviço, auxiliando as empresas na identificação das principais causas destas condenações. Os trabalhos consistem em visitas aos frigoríficos e granjas, com coletas de amostras de lesões responsáveis por condenações para a identificação dos agentes envolvidos, conversas e discussões técnicas com os fiscais do Serviço de Inspeção Federal (SIF) para melhor entendimento dos critérios de avaliação e classificação das carcaças. No final, são sugeridas ações para mitigação das causas, com base nos achados de laboratório e observações de campo.

Nestes trabalhos, estudando as lesões respiratórias associadas às condenações, foram identificadas as bactérias PmA, App e *Actinobacillus suis* (*A.suis*)

como as mais frequentes em nódulos e abscessos pulmonares. Na maioria das amostras onde se isolou PmA e *A. suis* havia também lesões de consolidação pulmonar, indicando que existiu a associação de outro agente (*Mhyo* ou IAV) (Rocha et al., 2022).

Contribuições importantes sobre doenças vesiculares em suínos

As doenças vesiculares em suínos são um grupo de doenças virais que causam lesões na pele e mucosas dos animais. Essas doenças são importantes devido a sua semelhança clínica com a febre aftosa (FMD), doença de notificação obrigatória ao Serviço Veterinário Oficial (SVO) e Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA). No sistema de vigilância para FMDV vigente no País, são incluídos no diagnóstico diferencial das doenças vesiculares em suínos o vírus da estomatite vesicular (VSV), exantema vesicular (VES) e doença vesicular dos suínos (SVD), as duas últimas exóticas no Brasil.

No final de 2014, começaram a ser registrados no Brasil casos de doença vesicular em rebanhos suínos localizados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Os testes realizados pelo SVO descartaram a presença dos vírus FMDV, VSV e SVD. Já os testes subsequentes indicaram a presença de um vírus RNA da família *Picornaviridae*, o senecavírus A (SVA) (Leme et al., 2015). Desde então, o SVA circula em suínos no Brasil e é considerado um patógeno emergente na produção mundial de suínos (Ciacci-Zanella et al., 2016). Os suínos afetados apresentam lesões vesiculares no focinho, patas e mucosa oral que são indistinguíveis de outras doenças vesiculares, principalmente a FMD.

Os surtos de doença vesicular associados ao SVA causaram um grande impacto econômico na produção de suínos devido aos gastos com diagnóstico diferencial, atraso no processamento do abatedouro e restrição à exportação de carne até que o diagnóstico diferencial descarte a infecção pelo FMDV. Nos surtos iniciais, quando os rebanhos não eram imunes, além das lesões vesiculares, o vírus causou grande aumento da mortalidade de leitões na fase de maternidade, muitas vezes chegando a 30% (Leme et al., 2015).

Como contribuições da Embrapa Suínos e Aves para este tema está a realização de um estudo em cooperação com a Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc), que teve como objetivo avaliar o desempenho do sistema de vigilância sanitária animal estadual em casos de doença vesicular no estado de Santa Catarina, com base no primeiro surto da doença (Becker et al., 2019). O estudo utilizou dados do Sistema Continental de Investigação e Vigilância Epidemiológica - SivCont (Panaftosa) para inferir indicadores de vigilância relacionados à sensibilidade do processo de notificação e à

eficácia dos serviços oficiais. Quatro modelos estatísticos foram realizados para testar o efeito do ano na provável ocorrência da doença, no tempo de resposta do serviço oficial, no tipo de investigação oficial e na detecção do RNA do senecavírus A. Os resultados mostraram que os indicadores melhoraram após 2015, com chances semelhantes de detecção de lesões vesiculares tardias, aumento no tempo de resposta do serviço veterinário e aumento nas chances de os casos serem considerados como prováveis. No entanto, a prevalência de casos com detecção molecular de senecavírus A foi 78% menor. O estudo destaca a necessidade de melhorias no sistema de vigilância para combater a endemicidade da doença vesicular (Becker et al., 2019).

Outras contribuições importantes da Embrapa Suínos e Aves sobre este tema foram a ampliação do conhecimento sobre a epidemiologia e diversidade genética dos vírus isolados de suínos a partir de surtos em granjas brasileiras. Muitos aspectos da biologia e epidemiologia das infecções causadas pelo SVA ainda eram desconhecidos. Assim, os primeiros trabalhos desenvolvidos ocorreram em parceria com a Universidade de South Dakota (SDSU), nos Estados Unidos, onde foram avaliadas amostras clínicas e ambientais colhidas de rebanhos afetados e não afetados pelo SVA nos Estados Unidos e no Brasil.

As amostras foram analisadas quanto à presença do SVA por RT-PCR e isolamento viral. O SVA foi detectado e isolado de lesões vesiculares e tecidos dos suínos afetados, de amostras ambientais, fezes de camundongos e do intestino delgado de camundongos. RNA viral também foi detectado em moscas colhidas de rebanhos afetados pela doença e de uma granja sem histórico de doença vesicular (Joshi et al., 2016). A detecção do SVA em camundongos e em moscas e a recuperação de vírus viável em fezes e em intestino delgado de camundongos sugere que estas pragas podem ter um papel importante na epidemiologia do SVA. Estes resultados trouxeram informações relevantes para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle da doença em suínos.

Este projeto trouxe também como resultados a validação da técnica de RT-PCR para a detecção do SVA em amostras biológicas de suínos (Haach et al., 2016) e a determinação da sequência completa do genoma de cepas de SVA que circulavam no Brasil e nos Estados Unidos. Para dar continuidade aos estudos sobre o senecavírus A, em 2021 foi aprovado um projeto em edital do CNPq, em parceria com a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Cornell University, dos Estados Unidos, e Laboratório Federal de Defesa Agropecuária (LFDA/MG). Este projeto teve como resultados a análise filogenética de sequências obtidas de 501 isolados de SVA, obtidos de rebanhos suínos de 57 cidades, localizadas em oito estados brasileiros, coletados entre 2018 e 2022, usando sequenciamento Sanger e Oxford Nanopore. Essas descobertas oferecem novas percepções sobre

a evolução do SVA. Dando continuidade a esse projeto, foi selecionada uma cepa de SVA representativa dos vírus que circulam em suínos no Brasil, com cobertura de 98% da diversidade genética observada nos vírus brasileiros, e foi produzido um protótipo vacinal.

Um estudo em parceria com o Mapa teve como objetivo purificar a proteína estrutural VP2 a partir de *E. coli*, e a VP2 recombinante (rVP2), baseada num isolado brasileiro mais recente, para o desenvolvimento de um teste Elisa indireto para identificar anticorpos contra SVA em rebanhos suínos brasileiros (Rieger et al., 2023). O rVP2 ELISA desenvolvido foi capaz de detectar anticorpos específicos para o SVA em casos de infecção aguda e em suínos recuperados, e não foi observada reatividade cruzada com VSV. Este ensaio tem potencial como uma ferramenta útil para monitorar a infecção por SVA em rebanhos suínos (Rieger et al., 2023). Por fim, a partir de um surto de doença vesicular causada pelo SVA em uma granja de matrizes da Embrapa Suínos e Aves, foi investigada a transmissão vertical do SVA.

Outras contribuições da área de virologia de suínos

A pesquisa em doenças virais de suínos na Embrapa Suínos e Aves atua em resposta a demandas do setor e a riscos de emergência ou reemergência de doenças. Dentre essas doenças, está a doença de Aujeszky, que foi erradicada em Santa Catarina em programa coordenado pela Embrapa Suínos e Aves entre 2001 e 2004 (Ciacci-Zanella et al., 2008). Mesmo assim, estudos em parceria e de aprimoramento de técnicas de diagnóstico foram realizados. Dentre eles, a genotipagem do vírus da doença de Aujeszky (VDA), a investigação através da reação em cadeia da polimerase em tempo real (qRT-PCR) para detecção e quantificação de VDA em suídeos ferais do Pantanal Matogrossense, o desenvolvimento de uma PCR Dupla para o diagnóstico de VDA visando a diferenciação entre animais vacinados e infectados naturalmente. Os trabalhos foram em parceria com universidades argentinas (Fonseca Júnior et al., 2010, 2011; Schaefer et al., 2010; Serena et al., 2011; Ciacci-Zanella et al., 2012b).

Outro agente que merece destaque é o vírus da diarreia epidêmica dos suínos ou PEDV, o qual causa mortalidade e perdas importantes para a suinocultura mundial. Após a introdução da doença no rebanho norte-americano em 2013, a Embrapa Suínos e Aves validou um teste de RT-PCR quantitativo, metodologia de análise para suínos importados em quarentena e materiais educativos para o produtor (Gava et al., 2015a, 2015b, Zanella et al., 2015). Da mesma maneira, para levar informações atualizadas aos produtores de suínos e comunidade científica, foram elaborados documentos e publicações técnicas sobre a peste suína clássica (PSC) e peste suína africana (PSA), situação mundial e os desafios para

o Brasil. Os documentos abordam aspectos importantes para a identificação do PSC e PSA em suídeos domésticos e/ou asselvajados, o risco para o sistema de produção de suínos e como podemos prevenir a entrada da PSA no Brasil ou a disseminação da PSC para a zona livre (Gava et al., 2019a, 2019b).

Outras contribuições em temas variados em sanidade de suínos estão nas publicações técnicas com o objetivo de divulgação de conteúdo técnico-científico e para propiciar informações relevantes para colheita de amostras e diagnóstico de doenças virais. Dentre estes documentos foi elaborado o artigo Orientações para o diagnóstico de influenza em suínos (Schaefer et al., 2013), e a partir deste documento foi elaborado o folder Diagnóstico de influenza A em suínos: da granja ao laboratório para divulgação de métodos de colheita de amostras e processamento para o diagnóstico da influenza A em suínos.

Também foi elaborada a Série Documentos Como identificar e controlar a influenza em suínos (Schaefer et al., 2019), contendo uma revisão sobre os vírus influenza A, trazendo dados sobre a influenza em suínos no Brasil, fruto da pesquisa desenvolvida pela Embrapa e outras instituições de pesquisa. Este trabalho aborda aspectos importantes sobre a ocorrência da influenza A em suínos, contendo informações sobre a diversidade genética viral, dinâmica da infecção em rebanhos e discutindo alternativas para o controle da doença em suínos. A Série Documentos Imunidade e vacinas para influenza em suínos traz informações sobre as diferentes plataformas vacinais já avaliadas para o controle da influenza A em suínos e as respostas imunológicas resultantes para cada tipo de vacina (Haach et al., 2024).

Outras contribuições da área de bacteriologia de suínos

Avanços também foram alcançados em relação à doença de Glasser, causada pela bactéria *Glaesserella parasuis* (Gps, anteriormente *Haemophilus parasuis*) e que pode causar uma infecção sistêmica em suínos, caracterizada por pneumonia, poliserosite fibrinosa, poliartrite e meningite (Oliveira et al., 2001). A Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a Universidade de Passo Fundo (UPF), contribuiu com o estudo no qual foi realizada a definição molecular dos sorovares de Gps circulantes nos surtos de campo, o qual revelou que as vacinas disponíveis comercialmente no Brasil não incluem os sorovares mais prevalentes isolados de doença de Glasser, sendo a maioria causada por cepas ainda não tipáveis (NT) que provavelmente poderiam representar novos sorovares (Espíndola et al., 2019).

A Unidade realizou também diagnóstico e caracterização genotípica ou fenotípica, com dados de resistência antimicrobiana de cepas isoladas de surtos

de salmonelose clínica em suínos. Contribuiu ainda com dados de diagnóstico e caracterização de isolados de *Streptococcus suis* (*S. suis*) e, mais recentemente, de *Actinobacillus suis* (*A. suis*).

Apoio para o reforço da biosseguridade na suinocultura

A biosseguridade é a base para manter a saúde dos animais e mitigar riscos de contaminação e disseminação de agentes infecciosos. Além disso há uma tendência mundial para que o setor produtivo reduza o uso de antimicrobianos na produção animal, o que torna a biosseguridade ainda mais relevante.

Na suinocultura brasileira, apenas as granjas de suínos que produzem, vendem ou distribuem animais destinados à reprodução, ou as centrais de coleta, venda e/ou distribuição de sêmen, estão sujeitas a uma normativa oficial. Nessa normativa, constam critérios específicos de biosseguridade a serem seguidos, além de exigências de monitoramento de doenças específicas (IN11 de 2020 - Granjas de Reprodutores Suídeos Certificadas - GRSC). Em 2017, a Embrapa Suínos e Aves produziu um documento contendo ações mínimas de biosseguridade para granjas que produzem animais para abate (Morés et al., 2017) com o objetivo de subsidiar uma regulamentação oficial e servir como suporte para empresas e produtores interessados em melhorar a qualidade sanitária de seus plantéis.

Na produção do documento Biosseguridade mínima para granjas de suínos que produzem animais para abate, inicialmente foi realizada uma enquete epidemiológica em granjas localizadas nos três estados da região Sul e no Mato Grosso do Sul com o objetivo de levantar condições de biosseguridade existentes nas granjas dos principais estados produtores de suínos no Brasil. Em seguida, esta proposta foi submetida a um painel técnico composto por 18 especialistas no tema incluindo pesquisadores, professores universitários, associações estaduais de produtores de suínos, agroindústrias e cooperativas de produção de suínos, defesa sanitária estadual e Programa Nacional de Sanidade Suína do Mapa.

Atualmente, os estados do Paraná e Rio Grande do Sul já publicaram normativas estaduais tendo como base o documento da Embrapa. Este documento também é a base de um trabalho que está em desenvolvimento na Unidade, o Programa de avaliação multicritério para a quantificação da biosseguridade em granjas de suínos. A base teórica do programa foi desenvolvida e estão sendo produzidos um software e um aplicativo para a inserção das avaliações, estratificação e apresentação dos resultados. São avaliados no total 14 critérios, sendo oito de biosseguridade externa e seis de biosseguridade interna. Com isso, será possível comparar a biosseguridade entre granjas com diferentes status sanitário e acompanhar as granjas ao longo do tempo, entre outras aplicações. Foram

firmados acordos de cooperação técnica com duas entidades para a validação a campo do sistema, a qual já está em andamento.

Outra pesquisa derivada deste trabalho foi o desenvolvimento de um índice de adequação às condições mínimas de biossegurança (IAB) para expressar o nível de biossegurança externa de granjas suinícolas no estado de Santa Catarina. Foram amostradas granjas de produtores registrados no banco de dados da Cidasc. O IAB pode ser usado para medir a biosseguridade de granjas suinícolas e, com base na classificação delas, apoiar a elaboração de planos de intervenção (Marco et al., 2023).

Saúde Única é uma das prioridades da Embrapa

A abordagem em Saúde Única permeia muitas atividades de pesquisa da equipe de sanidade animal da Embrapa Suínos e Aves. Dentre essas atividades está a participação em painéis internacionais de especialistas como o Painel de Especialistas de Alto Nível em Saúde Única (OHHLEP), que está trabalhando em um inventário integrado de ferramentas globalmente disponíveis para avançar a Saúde Única. Outras participações internacionais incluem o Comitê de Saúde Única da América do Sul (SANO) liderado pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). A participação da Unidade também engloba atividades em painéis e comitês nacionais como o comitê interinstitucional liderado pelo Ministério da Saúde e o Comitê Permanente em Saúde Única da Embrapa, que é agenda estratégica da empresa.

As atividades da pesquisa em Saúde Única também focam na vigilância de novas doenças virais suínas, promovendo a segurança e a equidade em saúde e desenvolvendo sistemas de vigilância, como uma plataforma ou Central de Inteligência de Saúde Suína (CISS). A plataforma atualmente está analisando a ocorrência e diagnóstico de doenças respiratórias que afetam a saúde e a produção de suínos. O foco está em um futuro sustentável e saudável, com ênfase na comunicação rápida e transparente, visando a redução da transmissão e transbordamento zoonótico, passando da resposta à redução da ocorrência e transmissão na fonte.

Estudos de detecção do genoma e anticorpos para o vírus da hepatite E em suínos de granjas comerciais também foram utilizados para entender a epidemiologia desta zoonose. Utilizando amostras biológicas de porcas sorologicamente positivas e suas leitegadas e originários de granja livre de antimicrobianos, além de amostras ambientais desta granja, uma metodologia de RT-PCR em tempo real foi padronizada. As amostras coletadas incluíam urina, fezes, sangue, fluído oral e nasal, leite, suabes ambientais, moscas e fezes de roedores. Além da padronização do teste, o estudo incluiu a análise destes leitões após a transferência para outro crechário, onde continuaram a ser monitorados (Ciacci-Zanella et al., 2023).

Outro aspecto importante da atuação em Saúde Única inclui o acordo de cooperação técnica entre a Embrapa e o Laboratório Central de Saúde Pública (Lacen/SC) para a realização de testes de diagnóstico para o SARS-CoV-2, vírus que causou a pandemia da covid-19. A partir desta parceria, foi possível a realização de mais de 40 mil testes de RT-PCR, atendendo 118 municípios de Santa Catarina (Figura 6.2). Os testes foram realizados no laboratório de sanidade da Embrapa, que teve financiamento pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) a partir de um projeto para estruturação de vigilância ativa focada em saúde única: isolamento, caracterização e enfrentamentos de SARS-CoV-2 e doenças emergentes e reemergentes, o Sarscovesa.

Com o conceito de Saúde Única e dos possíveis efeitos de doenças emergentes que permeiam a saúde humana e a animal, o objetivo desta proposta foi realizar adequações na infraestrutura e equipamentos do laboratório de biossegurança da Embrapa Suínos e Aves, uma área NB2+, visando sua acreditação para operar em alto nível de biossegurança e bioproteção (NB3/OMS), possibilitando e impulsionando a execução de diagnósticos emergenciais em auxílio ao MS e ao Lacen/SC. A proposta ainda visou o desenvolvimento de pesquisas voltadas para produção de insumos para diagnóstico e controle do novo coronavírus SARS-CoV2 e outras doenças emergentes e reemergentes, corroborando assim para o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico brasileiro.

Perspectivas futuras para a pesquisa em sanidade animal

A Embrapa tem se destacado nos últimos anos por sua atuação contínua e estratégica na área de sanidade animal, com foco em inovações e soluções que atendem às demandas atuais e futuras do setor agropecuário no que está relacionado à sanidade animal. Por meio de pesquisas avançadas e parcerias com instituições nacionais e internacionais, a Embrapa tem vislumbrado, numa visão de longo prazo, uma atuação alinhada com as tendências globais de segurança alimentar e sustentabilidade, promovendo tecnologias que visam não apenas o controle de doenças, mas também a prevenção e o monitoramento eficiente, garantindo a saúde do rebanho e a competitividade da agropecuária nacional. Com isso, as principais perspectivas futuras estão em tópicos como:

Esforços para monitorar, diagnosticar e responder à influenza A

Os resultados gerados pela equipe de virologia da Embrapa Suínos e Aves permitiram um avanço no conhecimento sobre os vírus influenza A que circulam em suínos no Brasil, trazendo subsídios para a pesquisa e foco para futuros

Figura 6.2. Teste de covid-19 realizados na Embrapa Suínos e Aves.

projetos visando o controle da doença em suínos. A vigilância da influenza em humanos no País é bem estruturada, e tem identificado vírus variantes. Contudo a vigilância da influenza em suínos precisa ser ampliada de forma a acompanhar a evolução genética dos IAVs em suínos. A circulação do vírus influenza A em suínos representa um risco para a saúde pública, uma vez que os suínos têm sido considerados a espécie animal onde eventos de rearranjo gênico de IAVs acontecem com facilidade, aumentando o risco de surgimento de vírus com potencial pandêmico. É importante continuar monitorando a evolução genética e antigênica dos IAVs de suínos, de forma a detectar precocemente vírus que estejam sofrendo adaptação e com isso podendo resultar em eventos zoonóticos. Essa monitoria também é importante para a seleção de candidatos vacinais para o controle da influenza em suínos.

Para dar continuidade a essa linha de pesquisa, em 2024 foi aprovado um projeto em edital da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (Fapesc), em parceria com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Secretaria de Saúde do Paraná (SESA), Laboratório Central do Estado do Paraná (Lacen/PR), Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (SES/SC), Lacen/SC e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com o objetivo de realizar a vigilância do vírus influenza A em suínos e profissionais de suinocultura em uma abordagem de Saúde Única para a promoção da saúde animal e humana. A integração resultará em grandes avanços tecnológicos que permitirão melhorias significativas na capacidade do Brasil de monitorar, diagnosticar e responder a surtos de influenza em suínos e em humanos, contribuindo para a saúde animal e pública e mitigando os riscos de pandemias. Não existem estudos similares desenvolvidos no País e este projeto atende a recomendação da OMS para estudos pilotos para melhorar o conhecimento sobre a circulação de vírus influenza de origem suína na população brasileira, especialmente na região Sul, principal região produtora de suínos no País.

Pesquisas focadas nas mutações no genoma do Senecavírus A

É muito importante dar continuidade à linha de pesquisa sobre doenças vesiculares associadas à infecção pelo SVA, uma vez que é necessária uma análise mais aprofundada para entender completamente qual o impacto das mutações detectadas no genoma viral na infecção, patogênese e virulência do SVA. Novos projetos ou contratos de cooperação técnica em discussão deverão ser implementados para a realização de sequenciamento de novos isolados do SVA, bem como para dar continuidade à produção comercial de uma vacina para

ser aplicada em rebanhos suínos. Outra demanda importante é o desenvolvimento de kits de detecção rápida para patógenos virais que possam ser utilizados pelo serviço veterinário oficial para elucidação dos casos de doença vesicular a campo. Atualmente, está em execução na Embrapa Suínos e Aves um projeto aprovado pela Fapesc em 2024, em parceria com a UFSC e Fiocruz para o desenvolvimento e validação de kits de diagnóstico molecular rápido, no modelo "*point-of-care*", para detecção do SVA e do vírus da febre aftosa. Este projeto representa uma demanda do setor de produção de carne suína, em apoio às ações de vigilância do Mapa, uma vez que os kits serão de uso exclusivo do serviço veterinário oficial. Utilizando a metodologia RT-LAMP, os kits de diagnóstico proporcionarão resultado rápido (em até 45 minutos), com precisão de 96–98% e com custo 70% inferior, quando comparado ao teste padrão-ouro RT-PCR. Além destas vantagens, o kit é simples de usar e não requer equipamento sofisticado.

Implantação da Central de Inteligência de Sanidade Suína

A suinocultura brasileira tem uma importância no contexto mundial, principalmente por seus aspectos sanitários, índice de produtividade e sustentabilidade. Para se manter competitiva, é importante o monitoramento e análise dos desafios sanitários. Os laboratórios de diagnóstico veterinários (LDVs) realizam, diariamente, análises de milhares de amostras para estabelecer diagnósticos definitivos de doenças, detectar patógenos e apoiar o monitoramento populacional. A adoção de padrões de diagnósticos veterinários universalmente reconhecidos pode facilitar a transferência de dados entre LDVs.

Seguindo o modelo da rede de monitoramento diagnóstico para doenças suínas endêmicas nos EUA, como o *Swine Disease Reporting System* (SDRS), a Embrapa Suínos e Aves pretende implantar uma plataforma de análise denominada Central de Inteligência de Sanidade Suína (CISS). O programa irá monitorar resultados de dezenas de patógenos que afetam os suínos, informando a suinocultura sobre aspectos relacionados com macroepidemiologia de detecção dos mesmos. O projeto, citado anteriormente no item de Saúde Única, já iniciou adaptando o SDRS à realidade brasileira, sendo que o piloto está em andamento e utiliza o teste de PCR para o agente da pneumonia enzoótica dos suínos, *Mycoplasma hyopneumoniae*. Outros agentes importantes e demais laboratórios de diagnóstico parceiros serão incluídos no desenvolvimento da Central de Inteligência de Sanidade Suína. Um comitê gestor composto por veterinários responsáveis pela submissão e análise destes dados será instituído, assim como lives e relatórios mensais serão disponibilizados para o setor.

Programas e planos institucionais voltados à Saúde Única

A Saúde Única é tema estratégico da Embrapa. Para isso, programas e planos institucionais estão sendo desenvolvidos. A atuação da Embrapa Suínos e Aves em comitês destes programas levará à aprovação e financiamento de projetos de parceiros externos e organizações internacionais com fundo pandêmico. Um destes programas é o controle da febre do Oropouche, doença emergente no país causada por um arbovírus transmitido por *Cullicoides sp*. A participação da Embrapa envolve vários aspectos da Saúde Única, pois o Oropouche ocorre em regiões rurais e periurbanas com produção de banana, cacau, cupuaçu e café. Pouco se sabe sobre a dinâmica de infecção viral ou controle do mosquito.

Referências

BECKER, D. L.; ZANELLA, J. R. C.; CORBELLINI, L. G.; BORBA, M. R. Analysis of the performance of the animal health surveillance system in the outbreak of swine vesicular disease in the state of Santa Catarina - Brazil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 48, p. 1-9, 2019. DOI: 10.22456/1679-9216.103772.

BRENTANO, L.; ZANELLA, J. R. C.; MORES, N.; PIFFER, I. A. **Levantamento soroepidemiológico para coronavírus respiratório e da gastroenterite transmissível e dos vírus de influenza H3N2 e H1N1 em rebanhos suínos no Brasil**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2002. 6 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 306).

BORDIN, L. C.; GAVA, D.; SONÁLIO, K.; DREIBI, M. L. M.; ZANELLA, J. R. C.; MORÉS, N.; OLIVEIRA, L. G. de; VAZ, E. K. Investigation of hemotropic Mycoplasmas in fetuses and sows with reproductive failure. **Veterinary and Animal Science**, v. 12, n.100175, 2021. DOI: 10.1016/j.vas.2021.100175.

CARON, L.; SCHAEFER, R.; RITTERBUSCH, G. A.; ESTEVES, P. A.; SIMON, N. L.; ZANELLA, J. R. C. Phylogenetic analysis of porcine circovirus type 2 (PCV-2) in fetuses and stillbirth with natural infection. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMERGING AND RE-EMERGING PIG DISEASES, 6., 2011, Barcelona. **Proceedings**... Barcelona: CREsA-UAB-IRTA, 2011. p. 87.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; MORES, N. Diagnosis of post-weaning multisystemic wasting syndrome in pigs in Brazil caused by porcine circovirus type 2. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 522 - 527, 2003. DOI: 10.1590/S0102-09352003000500002.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; AMARAL, A. L.; VENTURA, L.; MORES, N.; BORTOLUZZI, H. Erradicação da doença de Aujeszky em Santa Catarina: importância da condição sanitária das leitoas de reposição. **Ciência Rural**, v. 38, p. 749-754, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000300024.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; GAVA, D.; SIMON, N. L.; SCHIOCHET, M. F.; RITTERBUSCH. G. A.; ROCHA, C. S.; SCHAEFER, R.; WEIBLEN, R.; FLORES, E. F.; LIMA, M de; CARON, L.; MORES, N. Lack evidence of porcine reproductive and respiratory syndrome vírus (PRRSV) infection as cause of reproctuvie failure in Brazilian swine herds. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 22., 2012, Jeju. **Proceedings**... Jeju: IPVS, 2012a. p. 965.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; ZANELLA, E. L.; SIMON, N. L.; SCHIOCHET, M. F.; SCHAEFER, R.; SILVEIRA, S.; PIOVEZAN, U.; JULIANO, R. S.; OKINO, C. H. Investigation of pseudorabies vírus infection in brazilian feral swine populations. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 22., 2012, Jeju. **Proceedings**... Jeju: IPVS, 2012b. p. 456.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; SCHAEFER, R.; GAVA, D.; HAACH, V.; CANTAO, M. E.; COLDEBELLA, A. influenza A virus infection in brazilian swine herds following the introduction of pandemic 2009 H1N1. **Veterinary Microbiology**, v. 180, n. 1-2, p. 118-122, 2015a. DOI: 10.1016/j.vetmic.2015.08.021.

COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; ALBUQUERQUE, E. R.; BUOSI, R. J. Reports of Brazilian federal meat inspection system in swine slaughterhouses. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF BIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL HAZARDS IN PIG AND PORK, 12., 2017, Foz do Iguaçu. **Proceedings Book**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. p. 251-254. SafePork 2017.

CRENSHAW, J.; PUJOLS, J.; POLO, J.; CAMPBELL, J.; RODRIGUEZ, C.; NAVARRO, N.; PILERI, E.; CIACCI-ZANELLA, J. R.; RANGEL, L. Analysis of spray dried porcine plasma indicates absence of PRRSV infection in Brazilian pigs. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 23., Cancun. **Proceedings**... León, México: IPVS, 2014. p. 557.

ESPÍNDOLA, J. P.; BALBINOTT, N.; GRESSLER, L.; MACHADO, G.; KLEIN, C. S.; REBELATTO, R.; MARTÍN, C. B.; KREUTZ, L. C.; SCHRYVERS, A.; FRANDOLOSO, R. Molecular serotyping of clinical strains of Haemophilus (Glaesserella) parasuis brings new insights regarding Glassers disease outbreaks in Brazil. **PeerJ**, v. 7, n. e6817, 2019. DOI: 10.7717/peerj.6817.

FRANZO, G.; SEGALÉS, J. Porcine circovirus 2 genotypes, immunity and vaccines: multiple genotypes but one single serotype. **Pathogens**, v. 9, n. 12, p. 1049, 2020. DOI: 10.3390/pathogens9121049.

FERREIRA, M. V.; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; PIEROZAN, R. L.; ZANELLA, J. R. C. influenza A virus circulation in pig nurseries in the state of Santa Catarina, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.57, e02816, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02816.

FONSECA JÚNIOR, A. A.; CARMAGOS, M. F.; D'AMBROS, R. M. F.; BRAGA, A. C.; CIACCI-ZANELLA, J.; HEINEMANN, M. B.; LEITE, R. C.; REIS, J. K. P. dos. Diagnóstico e genotipagem do vírus da pseudoraiva por nested-PCR e análise de restrição enzimática. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 921-927, abr. 2010.. DOI: 10.1590/S0103-84782010005000066.

FONSECA JÚNIOR, A. A.; MAGALHÃES, C. G.; SALES, E. B.; D'AMBROS, R. M.; CIACCI-ZANELLA, J. R.; HEINEMANN, M. B.; LEITE, R. C.; REIS, J. K. P. dos. Genotyping of the Pseudorabies vírus by multiplex PCR followed by restriction enzyme analysis. **ISRN Microbiology**, v. 2011, art. 458294, 2011. Doi:10.5402/2011/458294.

GAVA, D.; CARON, L.; SCHAEFER, R.; SILVA, V. S.; WEIBLEN, R.; FLORES, E. F.; LIMA, M. de; TAKEDA, G. Z.; ZANELLA, J. R. C. A retrospective study of porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in Brazilian pigs from 2008 to 2020. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 69, p. 903–907, 2022. DOI: https://doi.org/10.1111/tbed.14036.

GAVA, D.; SOUZA, C. K.; SCHAEFER, R.; VINCENT, A. L.; CANTAO, M. E.; COLDEBELLA, A.; ZANELLA, J. R. C. A TaqMan-based real-time PCR for detection and quantification of porcine parvovirus 4. **Journal of Virological Methods**, v. 219, p. 14-17, 2015. 2015a. DOI: 10.1016/j.jviromet.2015.03.011.

GAVA, D.; HAACH, V.; SCHAEFER, R.; ZANELLA, J. R. C. Official monitoring program for PEDV in Brazil in breeding swine imports in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMERGING AND RE-EMERGING PIG DISEASES, 7., 2015, Kyoto. **Proceedings**... Kyoto: Science Council of Japan; JSVS; JPVS; JASV, 2015b. p. 158.

GAVA, D.; SCHAEFER, R.; SILVA, V. S.; CARON, L.; MORES, N.; ZANELLA, J. R. C. **Peste suína clássica e peste suína africana**: a situação mundial e os desafios para o Brasil. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019a. 35 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 208).

GAVA, D.; ZANELLA, J. R. C.; CARON, L.; SCHAEFER, R.; SILVA, V. S. Peste Suína Clássica e Peste Suína Africana: entendendo as doenças e os riscos para o Brasil. **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária**, n. 82, ano 25, p. 22-26, 2019b.

GAVA, D.; SA ROCHA, C. A.; RITTERBUSCH, G. A.; SIMON, N.; ZANELLA, E.; CARON, L.; CHEUNG, A.; CIACCI-ZANELLA, J. Evidence for porcine parvovirus type 4 (ppv4) in Brazilian swine herds. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMERGING AND RE-EMERGING PIG DISEASES, 6., 2011, Barcelona. **Proceedings**... Barcelona: CREsA-UAB-IRTA, 2011. p. 303.

GOSLAR, M. S.; LARA, A. C.; AGUIAR, F, C.; FORNARI, B. F.; ZANELLA, J. R. C. Characterization of influenza A subtypes in nursery and finishing pigs in integration in the South of Brazil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 14., 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: UFRGS, 2023. SINSUI. p. 122-123.

HAACH, V.; GAVA, D.; BASTOS, A. P. A.; SCHAEFER, R. **Imunidade e vacinas para influenza em suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 35 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 248).

HAACH, V.; GAVA, D.; CANTAO, M. E.; FRANCO, A. C. One-step multiplex RT-qPCR for the detection and subtyping of influenza A virus in swine in Brazil. **Journal of Virological Methods**, v. 269, p. 43-48, 2019. DOI: 10.1016/j.jviromet.2019.04.005.

HAACH, V.; GAVA, D.; CANTAO, M. E.; SCHAEFER, R. Evaluation of two multiplex RT-PCR assays for detection and subtype differentiation of Brazilian swine influenza viruses. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 3, p. 1447-1451, Sep 2020. DOI: 10.1007/s42770-020-00250-z.

HAACH, V.; GAVA, D.; SCHAEFER, R. Otimização de um ensaio de RT-PCR para detecção do senecavirus A em suínos. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (JINC), 10., 2016, Concórdia. **Anais**... Brasília: Embrapa, 2016. p. 109-110.

HAMMERSCHMITT, M. C.; SCHWERTZ, C. I; LOPES, B. C.; PEREIRA, P. R.; FRANDOLOSO, R.; DRIEMEIER, D. Clinical and pathological aspects of an outbreak of Streptococcus suis serotype 9 infection in pigs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 42, n. e07004, 2022. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-7004.

JOSHI, L. R.; MOHR, K. A.; CLEMENT, T.; HAIN, K. S.; MYERS, B.; YAROS, J.; NELSON, E. A.; HENNINGS, J. C; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; CARON, L.; DEE, S.; DIEL, D. G. Detection of the emerging picornavirus senecavirus a in pigs, mice, and houseflies. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 54, n. 6, p. 1536-1545, 2016. DOI: 10.1128/JCM.03390-15.

KICH, J. D.; MORES, N.; TRIQUES, N. J.; NOGUEIRA, M. G.; LOCATELLI, C.; KLEIN, C. S.; FELÍCIO, R. P. **A Pasteurella multocida tipo A atuaria como agente primário nos processos pneumônicos dos suínos?** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 7 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 469).

LAZZAROTTO, J. **Desenvolvimento de protótipo de vacina contra pasteurella multocida sorotipo A em suínos**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Mestrado em Ciência Animal, Lages.

LEME, R. A.; ZOTTI, E.; ALCÂNTARA, B. K.; OLIVEIRA, M. V.; FREITAS, L. A.; ALFIERI, A. F.; ALFIERI, A. A. Senecavirus A: an emerging vesicular infection in brazilian pig herds. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 62, p. 603-611, 2015. DOI: 10.1111/tbed.12430.

LIMA, E. S. de; ROCHA, C. S.; RITTERBUSCH, G. A.; MORES, N.; AMARAL, A. L. do; VENTURA, L.; DAMBRÓS, R. M.; KUCHIISHI, S. S.; VIEIRA, M. I. B.; ZANELLA, J. R. C. Differential serological screening of reproductive infectious agents important for surveillance. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY(IPVS) CONGRESS, 21., 2010, Vancouver. **Proceedings**... Vancouver: IPVS, 2010. p. 1122.

LOPES S.; ANDERSON T. K.; SCHAEFER R.; TOCHETTO C.; GAVA D.; CANTÃO M. E.; CIACCI-ZANELLA J. R.; BAKER A. L. V.; LEWIS, N. Antigenic and genetic diversity of H1 and H3 influenza A Viruses in swine in Brazil. **BioRxiv**: the preprintserver for biology, 2023. Disponível em: http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2023.12.01.569635. Acesso em: 15 abr. 2025.

MARCO, M. DE; MIELE, M.; LOPES, L. dos S.; COSTA, P. M. DE A.; JACOB, J. de S.; ZANELLA, J. R. C. Biosecurity assessment of commercial pig farms in Santa Catarina, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, e02707, 2023 DOI: 10.1590/ S1678-3921.pab2023.v58.02707.

MENEGUZZI, M.; PISSETTI, C.; REBELATTO, R.; TRACHSEL, J.; KUCHIISHI, S. S.; REIS, A. T.; GUEDES, R. M. C.; LEÃO, J. A.; REICHEN, C.; KICH, J. D. Re-emergence of salmonellosis in hog farms: outbreak and bacteriological characterization. **Microorganisms**, v. 9, n. 947. 2021. DOI: 10.3390/microorganisms9050947.

MIOTTO, R.; PISSETTI, C.; BORDIN, L. C.; ZANELLA, J. R. C. Genótipos de circovírus suíno tipo 2 e PCV3 em amostras clínicas de suínos no Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-77826P.

MORES, M. A. Z.; OLIVEIRA FILHO, J. X. de; REBELATTO, R.; KLEIN, C. S.; MORES, N. Localização de Pasteurella multocida em lesões pulmonares de suínos por hibridização in situ fluorescente (FISH). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 17., 2015, Campinas. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015b. p .258-260.

MORES, M. A. Z.; OLIVEIRA FILHO, J. X. de; REBELATTO, R.; KLEIN, C. S.; BARCELLOS, D. E. S. N. de; COLDEBELLA, A.; MORES, N. Aspectos patológicos e microbiológicos das doenças respiratórias em suínos de terminação no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 725-733, ago. 2015a.

MORES, N.; CARON, L.; COLDEBELLA, A.; BORDIN, L. C. **Biosseguridade mínima para granjas de suínos que produzem animais para abate**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 38 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 185).

MORI, A. P.; PERETTI, R. C.; FERRAZ, R.; FERRAZ, G. M.; GAVA, D.; HAACH, V.; SCHAEFER, R. Occurrence of influenza A virus subtypes in Brazil. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 26., 2020, Rio de Janeiro. **Proceedings**... Rio de Janeiro, RJ: IPVS, 2020. p. 773.

NELSON, M. I.; SCHAEFER, R.; GAVA, D.; CANTAO, M. E.; ZANELLA, J. R. C. influenza A viruses of human origin in swine, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 21, n. 8, p. 1339 - 1347, 2015. DOI: 10.3201/eid2108.141891.

OLIVEIRA FILHO, J. X. de; MORES, M. A. Z.; REBELATTO, R.; BELLAVER, F. A. V.; KLEIN, C. S.; COLDEBELLA, A.; BARCELLOS, D. E. S. N. de; MORES, N. Pasteurella multocida sorotipo A como causa primária de pneumonia em suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 16., 2013, Cuiabá. **Anais**... Cuiabá: Abraves; UFMT, 2013.

OLIVEIRA FILHO, J. X.; MORES, M. A. Z.; REBELATTO, R.; DALL AGNOL, A. M.; PLIÉSKI, C. L. do A.; KLEIN, C. S.; BARCELLOS, D. E. S. N. de; MORES, N. Pasteurella multocida type A as the primary agent of pneumonia and septicaemia in pigs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 716-724, ago. 2015. DOI: 10.1590/S0100-736X2015000800003.

OLIVEIRA FILHO, J. X. de; MORES, M. A. Z.; REBELATTO, R.; KICH, J. D.; CANTAO, M. E.; KLEIN, C. S.; GUEDES, R. M. C.; COLDEBELLA, A.; BARCELLOS, D. E. S. N. de; MORES, N. Pathogenic variability among Pasteurella multocida type A isolates from Brazilian pig farms. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 244, 2018. DOI: 10.1186/s12917-018-1565-2.

OLIVEIRA, S.; GALINA, S.; PIJOAN, C. Development of a PCR test to diagnose Haemophilus parasuis infections. **Journal of veterinary diagnostic investigation**, v. 13, n. 6, p. 495-501, 2001. DOI: 10.1177/104063870101300607.

OPRIESSNIG, T. L.; GIMÉNEZ-LIROLA, L. G.; HALBUR, P. G. Polymicrobial respiratory disease in pigs. **Animal Health and Research Reviews**, v. 12, n. 2. p. 133-148, 2011. DOI: 10.1017/S1466252311000120.

RECH, R. R.; GAVA, D.; SILVA, M. C. da; FERNANDES, L. T.; HAACH, V.; CIACCI-ZANELLA, J. R.; SCHAEFER, R. Porcine respiratory disease complex after the introduction of H1N1/2009 influenza virus in Brazil. **Zoonoses and Public Health**, v. 65, n.1, p. e155-e161, 2018. DOI: 10.1111/zph.12424.

RESENDE, P. C.; BORN, P. S.; MATOS, A. R.; MOTTA, F. C.; CAETANO, B. C.; DEBUR, M. do C.; RIEDIGER, I. N.; BROWN, D.; SIQUEIRA, M. M. Whole-genome characterization of a novel human influenza A (H1N2) virus variant, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 23, p. 152-154, 2017. DOI: 10.3201/eid2301.161122.

RESENDE P. C.; JUNQUEIRA D. M.; TOCHETTO C.; OGRZEWALSKA, M.; MOTTA, F. C.; LOPES, J.; APPOLINARIO, L.; MACEDO, L.; PINTO L. M., RIEDIGER I.; DEBUR M. C.; NASR A. M. L. F.; PILER R. A.; VECCHIA, A. C. D.; ALMEIDA, W.; BROWN, D.;

SCHAEFER R.; SIQUEIRA M. M. Zoonotic transmission of novel influenza A variant viruses detected in Brazil during 2020 to 2023. **Nature Communications**, v. 15, 10748, 2024. DOI: 10.1038/s41467-024-53815-z.

RIEGER, J. S. G.; MANTOVANI, C.; SUNIGA, P. A. P.; PINTO, I. B.; SOUSA, G. A. A.; GAVA, D.; CANTAO, M. E.; SANTOS, L. R.; ARAÚJO, F. R.; ZANELLA, J. R. C. Standardization of ELISA with senecavirus A recombinant VP2 protein and its use in swine herds in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 22, n. 1, gmr19118, 2023. DOI: 10.4238/gmr19118.

RITTERBUSCH, G. A.; ROCHA, C. S.; MORES, N.; SIMON, N. L.; ZANELLA, E. L.; DINIZ-MENDES, L.; NIEL, C.; ZANELLA, J. R. C. Co-infection between porcine circovirus type 1 (PCV1) and genogroups 1 and 2 of porcine torque teno virus (TTV) in fetuses by porcine circo virus type 2 (PCV2). In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY(IPVS) CONGRESS, 21., 2010, Vancouver. **Proceedings**... Vancouver: IPVS, 2010. p. 466.

ROCHA, C. S.; SIMON, N. L.; RITTERBUSCH, G. A.; MORES, N.; AMARAL, A. L. do; ESTEVES, P. A.; ZANELLA, J. R. C. Research of porcine parvovirus(PPV) in organs and stomach fluid of stillbirth, mummified and aborted fetuses and phylogenetic analysis of PPV isolated from fetal tissue. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY (IPVS) CONGRESS, 21., 2010, Vancouver. **Proceedings**... Vancouver: IPVS, 2010. p. 862.

ROCHA, N.; MORES, M. A. Z.; DEZEN, D.; MORÉS, N.; COLDEBELLA, A.; REBELATTO, R.; KICH, J. D. Economic impact of chronic pleural lesions and consequent disqualification of carcasses for export during inspection in swine slaughterhouses. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 42, n. e07118, 2022. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-7118.

SCHAEFER, R.; TREVISOL, I. M.; PALUDO, E. **Avaliação da presença do vírus influenza em suínos no sul do Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. 13 p. (Embrapa Suínos e Aves. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

SCHAEFER, R.; SILVEIRA, S.; SCHIOCHET, M. F.; SOZO, J. S.; SIMON, N. L.; RITTERBUSCH, G. A.; PIOVEZAN, U.; JULIANO, R. S.; PELLEGRIN, A. O.; ZANELLA, J. R. C. Detection of antibodies against pseudorabies virus, porcine circovirus type 2 and influenza viruses in feral pigs from Pantanal, Matogrosso do Sul, Brazil. **Virus Reviews and Research**, v. 15, supl. 1, p. 88, 2010.

SCHAEFER, R.; ZANELLA, J. R. C.; BRENTANO, L.; VINCENT, A. L.; RITTERBUSCH, G. A.; CARON, L.; MORES, N. Isolation and characterization of a pandemic H1N1 influenza virus in pigs in Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 761-767, 2011. DOI: 10.1590/S0100-736X2011000900007.

SCHAEFER, R.; RECH, R. R.; SILVA, M. C.; GAVA, D.; ZANELLA, J. R. C. Orientações para o diagnóstico de influenza em suínos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 61-73, 2013.

SCHAEFER, R.; GAVA, D.; ZANELLA, J. R. C. **Como identificar e controlar a influenza em suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2019. 36 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 207).

SERENA, M. S.; SIMON, N. L.; GAVA, D.; SCHIOCHET, M. F.; ECHEVERRIA, M. G.; CIACCI-ZANELLA, J. R. Desarrollo de una PCR dúplex para el diagnóstico de la enfermedad de Aujeszky: diferenciación entre animales vacunados de infectados naturalmente In: CONGRESO ARGENTINO DE VIROLOGÍA, 5. 2011, Buenos Aires. **Resúmenes**. Buenos Aires: INTA, 2011.

SOUZA, T.C.G.D. de; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; LEME, R. A.; PORTO, G. da S; ALFIERI, A. A. Porcine Circovirus 3a field strains in free-living wild boars in Paraná state, Brazil. **Animals**, v. 11, n. 6, p. 1634, 2021. DOI: 10.3390/ani11061634.

VENDRUSCOLO, F. E.; PISSETTI, C.; COSTA, E. de F; ZANELLA, J. R. C. Evaluation of nasal swab and nasal wipe for detection of influenza A in swine using Bayesian latent class analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 230, n. 106292, 2024. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2024.106292.

ZANELLA, J. R. C.; MORES, N. **Diarréia epidêmica dos suínos (PED). Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2015. 2 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Suinocultor, 23).

ZANELLA, J. R. C.; MORES, N.; BARCELLOS, D. E. S. N. de. Principais ameaças sanitárias endêmicas da cadeia produtiva de suínos no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 443-453, maio 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000500004.

ZANELLA, J. R. C.; ZANELLA, G. C. Uma abordagem de saúde única para a vigilância de novas doenças virais de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, ed. 74048P, 2023.

ZANELLA, J. C.; KICH, J. D.; MIGNONI, D. S. B.; ZANELLA, G. C.; MIOTTO, R; REBELATTO, R.; BORDIN, L. C.; KREUTZ, L. C. Hepatitis E virus investigation on farrowing and nursery pigs from a farm free of in-feed antimicrobials: a case report. In: SAFEPORK Conference 2023, 14., 2023, New Orleans. **Proceedings**... New Orleans: MCI Deutschland, 2023.

Bibliografia consultada

BARBOSA, A. O.; GAVA, D.; BASTOS, A. P. A.; LIMA, M.; SCHAEFER, R. Imunogenicidade e duração da resposta imune em suínos induzida por vacina inativada contra o Senecavirus A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 16., 2024, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: UFRGS, 2024.

BARBOSA, A. O.; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; LIMA, M. ELISA indireto para detecção de anticorpos contra Senecavirus A em fluido oral de suínos. In: SEMANA INTEGRADA UFPEL, 10.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 16., 2024, Pelotas. **Anais**... Pelotas: UFPEL, 2024.

BARBOSA, A. O.; GAVA, D.; TOCHETTO, C.; RIBEIRO, L. C.; BASTOS, A. P. A.; MORES, M. A. Z.; SCHAEFER, R.; LIMA, M. de. Immunogenicity of an inactivated Senecavirus A vaccine with a contemporary Brazilians in mice. **Vaccines**, v. 12, n. 845, 2024. DOI: 10.3390/vaccines12080845.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 11, de 6 de abril de 2020. Estabelece alterações pontuais em Instruções Normativas SDA ou Anexos de Instruções Normativas SDA, que regulamentam o Programa Nacional de Sanidade dos Equídeos (PNSE), Programa Nacional de Sanidade dos Suídeos (PNSS), Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) e Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA), a fim de assegurar a manutenção da saúde pública, a atividade econômica pecuária e o abastecimento de produtos de origem animal à população, no contexto da situação de disseminação do COVID-19 e sua classificação mundial como pandemia e emergência de saúde pública de importância internacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 68, p. 5, 8 abr. 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-11-de-6-de-abril-de-2020-251701377. Acesso em: 17 abr. 2025.

FONSECA, F. M. da; HAACH, V.; BELLAVER, F. V.; BOMBASSARO, G.; GAVA, D.; SILVA, L. P. da; BARON, L. F.; SIMONELLY, M.; CARVALHO, W. A.; SCHAEFER, R.; BASTOS, A. P. A. Immunological profile of mice immunized with a polyvalent virosome-based influenza vaccine. **Virology Journal**, v. 20, art. 187, 2023. DOI: 10.1186/s12985-023-02158-0.

GAVA, D.; SCHAEFER, R.; IBELLI, A. M. G.; ZANELLA, J. R. C. Development of a multiplex PCR assay for simultaneous detection of five single-stranded DNA viruses in pig lungs. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 23., Cancun. **Proceedings**... León, México: IPVS, 2014. p. 353.

GOGONE, I. C. V. P.; FERREIRA, G. H.; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; PAULA-LOPES, F. F. de; ROCHA, R. de A.; BARROS, F. R. O. de. Applicability of Raman spectroscopy on porcine parvovirus and porcine circovirus type 2 detection. **Spectrochimica Acta Part A**: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, v. 249, n. 119336, 2021. DOI: 10.1016/j.saa.2020.119336.

HAACH, V.; BASTOS, A. P. A.; GAVA, D.; FONSECA, F. M. da; MORES, M. A. Z.; COLDEBELLA, A.; FRANCO, A. C.; SCHAEFER, R. A polyvalent virosomal infuenza vaccine induces broad cellular and humoral immunity in pigs. **Virology Journal**, v. 20, article number 181, 2023. DOI: 10.1186/s12985-023-02153-5.

JOSHI, L. R.; MOHR, K. A.; GAVA, D.; KUTISH, G.; BUYSSE, A. S.; VANNUCCI, F. A.; PIÑEYRO, P. E.; CROSSLEY, B. M.; SCHILTZ, J. J.; JENKINS-MOORE, M.; KOSTER, L.; TELL, R.; SCHAEFER, R.; MARTHALER, D.; DIEL, D. G. Genetic diversity and evolution of the emerging picornavirus Senecavirus A. **Journal of General Virology**, 20 dec. 2019. DOI: 10.1099/jgv.0.001360.

JUNQUEIRA, D. M.; TOCHETTO, C.; ANDERSON, T. K.; GAVA, D.; HAACH, V.; CANTAO, M. E.; BAKER, A. L. V.; SCHAEFER, R. Human-to-swine introductions and onward transmission of 2009 H1N1 pandemic influenza viruses in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, article 1243567, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1243567.

SATO, J. P. H.; GAVA, D.; SCHAEFER, R.; CANTAO, M. E.; ZANELLA, J. R. C.; BARCELLOS, D. E. S. N. de. Genetic characterization of porcine circovirus type 2 in captive wild boars in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1071-1075, 2017.

SCHAEFER, R.; GAVA, D.; BOMBASSARO, G. E.; HAACH, V.; MACIAG, S. S.; BASTOS, A. P. A. Evidence of vertical transmission of Senecavirus A in naturally infected sows. **Virology**, v. 600, n. 110248, 2024. DOI: 10.1016/j.virol.2024.110248.

SCHAEFER, R.; RECH, R. R.; GAVA, D.; CANTAO, M. E.; SILVA, M. C. da; SILVEIRA, S.; ZANELLA, J. R. C. A human-like H1N2 influenza virus detected during an outbreak of acute respiratory disease in swine in Brazil. **Archives of virology**, v. 160, p. 29-38, 2014. DOI: 10.1007/s00705-014-2223-z.

SILVA, A. P. S. P.; COSTA, E. de F.; SILVA G. S.; SOUZA, C. K.; SCHAEFER, R.; VAZ JÚNIOR, I. da S.; CORBELLINI, L. G. Biosecurity practices associated with influenza A virus seroprevalence in sows from southern Brazilian breeding herds. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 166, p. 1-7, 2019. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.02.013.

SOUZA, C. K. de S.; GAVA, D.; MOSENA, A. C. S.; BIONDO, N.; SCHAEFER, R.; ZANELLA, J. R. C.; BARCELLOS, D. E. S. N. de; CANAL, C. W. Detection of emerging parvoviruses and anellovirus in lung of captive wild boars. In: BRAZILIAN CONGRESS OF VIROLOGY, 23.; MERCOSUR MEETING OF VIROLOGY, 7., 2012, Foz do Iguaçu. **Virus and Research?** Foz do Iguaçu: SBV, 2012. p. 425-426.

SOUZA, C. K.; OLDIGES, D. P.; POETA, A. P. S.; VAZ JÚNIOR, I. S.; SCHAEFER, R.; GAVA, D.; ZANELLA, J. R. C.; CANAL, C. W.; CORBELLINI, L. G. Serological surveillance and factors associated with influenza A virus in backyard pigs in Southern Brazil. **Zoonoses Public Health**, v. 66, p. 125–132, 2019. DOI: 10.1111/zph.12542.

TOCHETTO, C.; HAACH, V.; GAVA, D.; REIS, M.; KUCHIISHI, S. S.; SCHAEFER, R. Subtipos e linhagens dos vírus influenza A detectados em suínos no Brasil entre 2009 e 2021. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 21, supl.2, p. 335-337, 2023.

TOCHETTO, C.; JUNQUEIRA, D. M.; ANDERSON, T. K.; GAVA, D.; HAACH, V.; CANTAO, M. E.; BAKER, A. L. V.; SCHAEFER, R. Introductions of human-origin Seasonal H3N2, H1N2 and pre-2009 H1N1 Influenza Viruses to swine in Brazil. **Viruses**, v. 15, n. 576, 2023. DOI: 10.3390/v15020576.

CAPÍTULO 7

Javali - Protagonismo da pesquisa em apoio a políticas públicas e defesa sanitária animal

Virgínia Santiago Silva, Beatris Kramer, Geordano Dalmédico e Iara Maria Trevisol

Javali - Protagonismo da pesquisa em apoio a políticas públicas e defesa sanitária animal

O javali europeu (*Sus scrofa*, Linnaeus, 1758), espécie exótica invasora (EEI) nas Américas e considerado uma das espécies invasoras mais danosas do mundo, tem registros de introdução (legal e ilegal) na forma selvagem no Brasil desde 1960. Porém, foi na década de 1990 que ocorreram as maiores introduções legais por interesse na carne exótica. Contudo, a atividade não se desenvolveu e, por escapes acidentais e solturas intencionais, esses animais retornaram à natureza, estabelecendo-se e, posteriormente, se expandindo pelo território nacional nas décadas subsequentes até o presente.

As invasões biológicas figuram como um grande desafio à conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, pois ameaçam a diversidade biológica e as funções ecossistêmicas, podendo causar impactos econômicos e sanitários, englobando saúde ambiental, animal e humana. Assim, na abordagem de Saúde Única (*One Health*), definida como a integração indissociável entre a saúde humana, animal e ambiental, o javali figura como um elo que estabelece contatos diretos e indiretos entre áreas florestais, áreas rurais, exploração agropecuária e população humana em variadas situações.

Os prejuízos econômicos na agricultura, pela predação de diversas culturas em distintas regiões do país, suscitaram a mobilização e pressão dos agricultores para que medidas de controle fossem adotadas pelos órgãos governamentais. Embora os impactos na agricultura fossem a principal motivação dos produtores

rurais para o controle da espécie, a expansão dessas populações favorecia também o contato e transmissão de doenças/patógenos para os animais domésticos e silvestres, além de representar um risco para a saúde humana. A ameaça à pecuária era uma preocupação crescente da defesa sanitária animal do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). O risco sanitário dos javalis para a suinocultura foi tema recorrente em reuniões do Comitê Técnico e Científico (CTC) do Programa Nacional de Sanidade Suídea (PNSS) do Departamento de Saúde Animal (DSA) do Mapa (vigente de 2006 a 2019), no qual a Embrapa Suínos e Aves atuava. No entanto, essa preocupação não redundava em encaminhamentos específicos por falta de informações populacionais e sanitárias sobre o javali.

Apesar da expansão territorial do javali no país e da Política Nacional da Biodiversidade (Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002) reconhecer os efeitos deletérios e contemplar o apoio à prevenção, controle e erradicação de espécies exóticas invasoras, até 2010 não havia amparo legal e diretrizes específicas para manejo e controle do javali no Brasil. Além disso, faltavam informações adequadas para fundamentar avaliações de risco sanitário relacionadas à invasão de javalis asselvajados, o que agravava ainda mais os efeitos difusos e transversais dessa invasão biológica. Questões relativas à fauna silvestre/selvagem eram tratadas por órgãos ambientais e as diretrizes vigentes na época apresentavam viés majoritariamente focado em preservação/conservação de fauna silvestre, aplicados à fauna nativa e não a espécies exóticas invasoras.

Por outro lado, as ações da defesa sanitária animal do Mapa eram dirigidas à pecuária e, no caso dos suídeos, não contemplava ações dirigidas às populações selvagens por parte do Serviço Veterinário Oficial (SVO). Como o javali não é nativo do Brasil, e estava na condição selvagem/asselvajada, a falta de diretrizes legais específicas para a fauna exótica invasora manteve essas populações "protegidas" pelas leis e diretrizes ambientais de proteção de fauna selvagem. A estrutura governamental brasileira não dispõe de uma entidade com as competências e atribuições relativas à sanidade e conservação de fauna, a exemplo dos institutos de vida selvagem que existem em outros países, o que torna mais complexa a gestão dessas populações exóticas invasoras.

Na mesma época, a Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA, antiga OIE), sinalizava a inclusão da peste suína clássica (PSC) entre as doenças de notificação oficial internacional para fins de comércio internacional. Os países membros e territórios que desejassem pleitear o reconhecimento do status de livre de PSC pela OMSA teriam que atender aos quesitos de vigilância previstos no Capítulo 15.2 do Código Sanitário de Animais Terrestres, que inclui procedimentos para a vigilância de PSC em populações de suídeos selvagens/asselvajados, além dos suínos domésticos. O reconhecimento internacional do status sanitário é um fator

chave na abertura e manutenção de mercados externos para o setor suinícola e a falta de um sistema regular de vigilância em suídeos asselvajados representava uma fragilidade na defesa sanitária no país. As lacunas de informações oficiais sobre as populações de suídeos asselvajados já eram percebidas e questionadas por parceiros comerciais.

Em 2010, o Brasil já apresentava a maior parte de seu território, incluindo as principais regiões de produção e exportação de suínos, livres de PSC há vários anos, condição conquistada pela excelência da suinocultura nacional e pelo robusto sistema de vigilância de PSC vigente. Entretanto, a vigilância contemplava apenas os suínos domésticos, comerciais e não comerciais e no SVO ainda não havia qualquer estrutura para vigilância de populações de vida livre.

Apesar do consenso de que o controle populacional da espécie exótica invasora implica em remoção de indivíduos da natureza, enquanto a invasão do javali se agravava no território nacional, a opinião pública se dividia, e a tensão entre diferentes grupos sociais amentava, muitas vezes influenciada por especulações parciais e superficiais, com pouco ou nenhum embasamento técnico-científico sobre o tema. Distintos segmentos sociais apresentavam posicionamentos extremos e conflitantes em relação à invasão e ao controle da espécie, pressionando órgãos públicos para o estabelecimento de políticas e normas que respaldassem tanto o abate para controle populacional do javali quanto a proteção/conservação dessas populações, que neste caso era defendida por alguns sob a ótica dos direitos animais e combate aos maus tratos.

Na época, a estruturação e implementação de políticas nacionais de manejo para controle e vigilância dos javalis parecia algo distante e, em alguns aspectos, intangível. Fatores como a extensão territorial e particularidades dos distintos biomas, a falta de amparo legal ao abate para controle no manejo da espécie exótica invasora, o impacto negativo da opinião pública relativo ao abate desses animais devido à desinformação sobre a abordagem conservacionista do controle de espécies exóticas invasoras em proteção às espécies nativas e à biodiversidade, a falta de recursos financeiros, a limitação em recursos humanos para atuação em campo com javalis e lacunas e sobreposições nas atribuições dos órgãos governamentais associados a aspectos sanitários relativos às espécies exóticas invasoras pesavam na evolução de políticas relativas ao tema. Além disso, uma das principais preocupações em relação à monitoria sanitária em animais selvagens/asselvajados era o receio de possíveis restrições ao comércio internacional decorrentes do diagnóstico de doenças de notificação oficial nessas populações.

Este intrincado cenário ambientou, em 2011, a gênese de uma das mais complexas e desafiadoras demandas em sanidade animal feitas pelo Mapa à Embrapa: apresentar ao DSA um projeto de vigilância para suídeos asselvajados

(javalis) para complementar a vigilância de PSC de suínos. Esta demanda foi a mola propulsora do protagonismo da Embrapa no apoio à elaboração e execução das políticas públicas relativas ao manejo e vigilância dos javalis no país, iniciada pelo projeto de pesquisa Estruturação de plano de vigilância epidemiológica e manejo populacional de suídeos asselvajados (*Sus scrofa*) na área livre de peste suína clássica, executado de 2012 a 2018, também conhecido como Projeto Javali 1. Ao término dessa primeira ação, em 2018, a Embrapa atuou no projeto Metodologias e processos para melhoria na operacionalização e ampliação de escopo da vigilância e monitoramento sanitário de javalis asselvajados – Projeto Javali 2 até 2023.

A estruturação da vigilância de javalis

A ideia central para estruturar a vigilância de javalis com foco em PSC foi atrelar as ações de vigilância epidemiológica ao manejo para controle populacional da espécie exótica invasora nociva, tendo como alicerces e elementos básicos os quesitos preconizados pela OMSA para vigilância de PSC e outras doenças para populações de vida livre. Nesta construção, foram observados os quatro estágios operacionais da vigilância epidemiológica: coleta de dados, centralização e validação dos dados, processamento e análise dos dados e comunicação dos resultados.

O Projeto Javali 1 previa uma série de etapas sequenciais a serem desenvolvidas em colaboração e parceria entre órgãos oficiais, Embrapa Suínos e Aves e Embrapa Pantanal, além de outras instituições de pesquisa e entidades com atuação sobre a espécie. A primeira barreira a ser superada foi estabelecer amparo legal para quaisquer ações implicadas no acesso, manejo e vigilância de javalis no país. A partir do arcabouço legal e diretrizes para o manejo e controle, a etapa seguinte foi estabelecer e formalizar os procedimentos de vigilância epidemiológica atrelados ao controle populacional dos javalis.

Uma vez estabelecidos os instrumentos legais e procedimentos para controle e vigilância, o próximo passo foi capacitar os diferentes públicos envolvidos para a execução legal das ações de manejo e vigilância. As capacitações foram dirigidas a agentes públicos dos órgãos oficiais estaduais, além da sociedade civil que desejasse obter autorização para o manejo, pois nenhum órgão governamental teria recursos humanos, condições operacionais e financeiras para arcar com a realização ativa do controle populacional do javali, cabendo então a normatização e fiscalização dos processos.

Paralelamente à produção de material informativo e às capacitações dos públicos, o projeto previa mapeamento da distribuição das populações de javalis

para priorização de áreas de risco para a vigilância. Com as ações de controle populacional e de vigilância estabelecidas e implementadas, era primordial dispor de um sistema de informação para coleta, armazenamento e tratamento dos dados de manejo e de vigilância, sobretudo porque as informações seriam geridas e compartilhadas entre órgãos e pastas distintas. A Figura 7.1 ilustra, esquematicamente, a estrutura básica das ações do projeto Estruturação de plano de vigilância epidemiológica e manejo populacional de suídeos asselvajados (*Sus scrofa*) na área livre de peste suína clássica, desenvolvido em colaboração e parceria com Ministério do Meio Ambiente (MMA), Mapa, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e Instituto Chico Mandes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

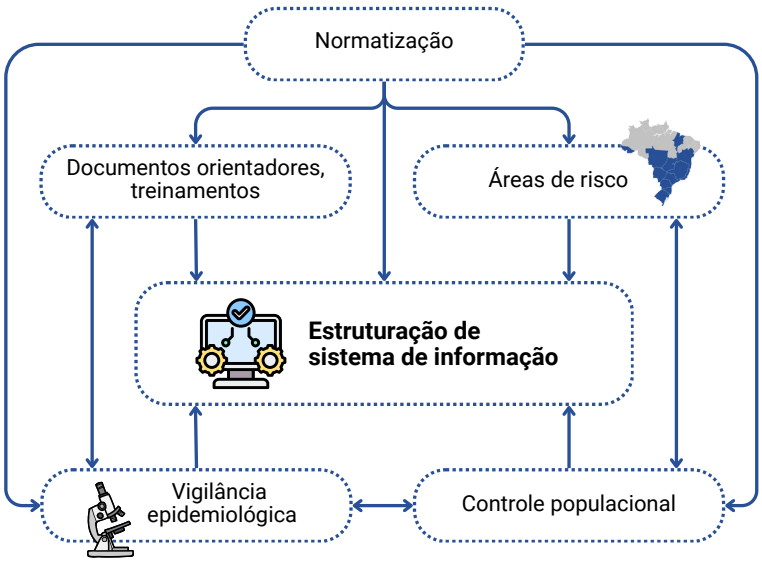

Figura 7.1. Estruturação de plano de vigilância epidemiológica e manejo populacional de suídeos asselvajados (*Sus scrofa*) na área livre de peste suína clássica.
Ilustração: Virgínia Santiago Silva.

Naturalmente, uma vez superados os desafios para acessar informações populacionais e sanitárias dos javalis, a mesma estrutura se aplica para a exploração de informações para outras áreas do conhecimento relativas ao javali, tais como a biologia/ecologia da espécie, perfil sanitário e seu papel epidemiológico

para doenças/patógenos de interesse em saúde pública e conservação de fauna silvestre, além das doenças de impacto econômico sob vigilância oficial como a PSC, perfil genotípico dessas populações, dentre outros. O acesso para pesquisa da biologia/ecologia da espécie, bem como seu papel nas variadas abordagens da Saúde Única, estava criado, possibilitando avanço no conhecimento científico sobre essas populações em diferentes áreas, algumas contempladas nas diretrizes de vigilância dessas populações da OMSA, uma vez que a abordagem sanitária de populações selvagens requer envolvimento multidisciplinar, bem como a gestão demanda atuação interinstitucional.

No âmbito das atividades de P&D dos projetos Javali 1 e 2, foram realizadas estudos da biologia da espécie, de estimativas de densidade populacional, área de vida e uso de habitat dos javalis, além de monitoramento sanitário com vistas a patógenos de interesse no âmbito da Saúde Única e a construção de um banco de tecidos para futuros estudos de genética/genômica populacional. Essa última ação também se voltou para explorações sanitárias históricas que venham a se apresentar relevantes.

O primeiro passo dessa construção foi a identificação e o estabelecimento de parceria e colaboração com os órgãos e entidades de gestão, manejo e fiscalização ambiental relacionados à fauna, além de entidades de pesquisa que estudavam os javalis. Nesta etapa, foram contatados o MMA e autarquias federais vinculadas, como o Ibama, cujas atribuições na gestão do uso sustentável dos recursos faunísticos inclui a regulamentação, autorização, monitoramento, avaliação e controle das ações de uso, manejo e movimentação das espécies da fauna silvestre e exótica, bem como a implantação e manutenção de sistemas de informação de manejo e da gestão do uso da fauna silvestre e exótica.

Outro parceiro foi o ICMBio, vinculado ao MMA, responsável por propor, implantar, gerir, proteger, fiscalizar e monitorar as unidades de conservação (UC), monitorar o uso público e a exploração econômica dos recursos naturais e contribuir para a recuperação de áreas degradadas, dentre outras atividades. No âmbito estadual, o projeto liderado pela Embrapa Suínos e Aves contatou os órgãos/agências de meio ambiente e de agricultura, além de organizações não governamentais (ONGs) e universidades, esta última buscando pesquisadores com atuação em fauna silvestre, mais especificamente com javalis.

Os interesses comuns e complementares das diferentes pastas ministeriais, MMA e Mapa, no controle do javali resultaram na união de esforços para a regulamentação do controle da espécie invasora *Sus scrofa* na forma selvagem no território nacional, que posteriormente seria o ponto de partida para a organização da vigilância epidemiológica dessas populações, atribuição de competência e gestão do Mapa.

Linha do tempo do manejo e vigilância do javali no Brasil

Enquanto o Mapa iniciava sua trajetória para inclusão das populações de suídeos asselvajados na vigilância oficial de doenças de suínos, os órgãos oficiais ambientais já estavam sensibilizados e mobilizados para estabelecer critérios e diretrizes para o controle do javali, dadas a cronologia da invasão e as proporções do problema no país. Algumas experiências de normatização do controle em âmbito estadual, especialmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, já haviam sido experimentadas, porém os resultados não atingiram o impacto esperado. Contudo, o interesse comum e a soma de esforços dos órgãos ambientais e do Mapa corroboraram para que os instrumentos normativos avançassem rapidamente. A Figura 7.2 ilustra a linha do tempo das políticas públicas nacionais relativas ao manejo para controle e vigilância dos javalis.

Apoio à formulação e execução de políticas públicas

A partir dos projetos Javali 1 e 2, vigentes de 2012 a 2023, o apoio da Embrapa na elaboração das diretrizes e instrumentos regulatórios que normatizaram o manejo populacional e sanitário dos javalis se deu por meio de participação ativa nos comitês, grupos de trabalho e grupos de assessoramento técnico estabelecidos para este fim pelos órgãos oficiais envolvidos ao longo dos anos, com abrangência nas instâncias federal e estadual. A articulação para estabelecer colaboração e parceria entre os órgãos oficiais e outras instituições de atividades relacionadas ao javali foi iniciada desde a fase de elaboração do primeiro projeto e a receptividade dos órgãos e entidades criou um ambiente colaborativo profícuo, ideal para o desenvolvimento das ações.

Entre os principais fóruns que a Embrapa teve atuação destacam-se o Comitê Permanente Interinstitucional de Manejo e Monitoramento das Populações de Javalis no Território Nacional – instituído pela Portaria Ibama/MMA nº 65 de 31 janeiro de 2013; o Grupo de Assessoramento Técnico (GAT) do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*) no Brasil, instituído pela Portaria Interministerial MMA e Mapa nº 231/2017; o Grupo de Trabalho para elaboração do Plano de Vigilância de Suídeos Asselvajados na Área Livre de Peste Suína Clássica, instituído em 2013 pelo DSA/Mapa; e a Câmara Técnica sobre Espécies Exóticas Invasoras da Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio/MMA). Houve ainda a atuação em instâncias estaduais, como o Grupo de Assessoramento Técnico (GAT) do Plano de Manejo e Controle do Javali em Santa Catarina.

No início das articulações interinstitucionais, entre 2011 e 2012, a instrução normativa do Ibama para estabelecer o manejo do javali já estava em elaboração.

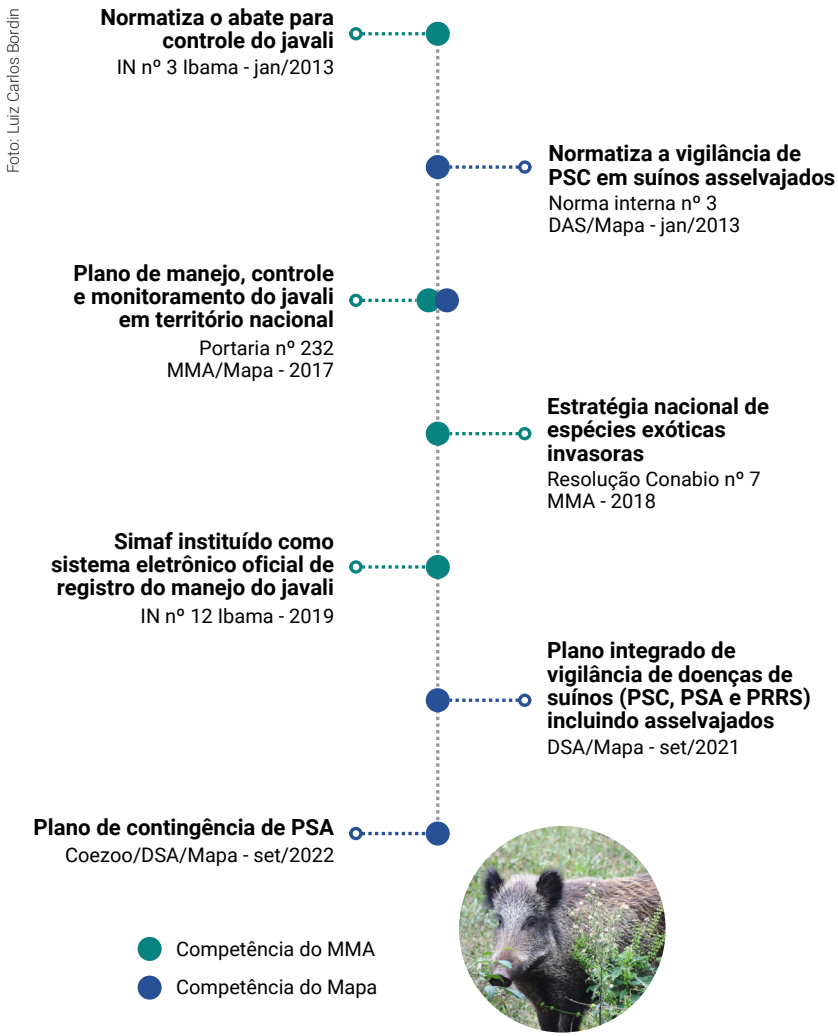

Figura 7.2. Linha do tempo das políticas relativas ao manejo e vigilância do javali no Brasil.
Ilustração: Virgínia Santiago Silva.

A tramitação desse primeiro instrumento regulatório foi rápida e, a partir dele, os demais instrumentos evoluíram.

Em janeiro de 2013, os javalis e seus híbridos em vida livre foram reconhecidos no país como "espécie exótica invasora nociva", tendo o abate para controle populacional regulamentado pela Instrução Normativa Ibama nº 3, de 31 de janeiro de 2013. No ano seguinte, foi aprovado o Plano de Vigilância de Suídeos Asselvajados na Área Livre de Peste Suína Clássica do Brasil, estabelecido pela Norma Interna DSA/Mapa nº 3, de 18 de setembro de 2014. Em 2017, foi instituído o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali no Brasil – Plano Javali, por meio da Portaria Interministerial MMA e Mapa nº 232/2017, com o objetivo de conter a expansão territorial e demográfica da espécie no Brasil e reduzir os impactos ambientais, sanitários e econômicos deletérios decorrentes dessa bioinvasão.

Em junho de 2018, a Estratégia Nacional de Espécies Exóticas Invasoras foi estabelecida por meio da Resolução Conabio nº 7, de 29 de maio de 2018, abordando espécies que ameaçam a diversidade biológica e considerando prejuízos econômicos, questões sanitárias e impactos sociais e culturais, com foco na prevenção da introdução e dispersão, bem como no controle ou erradicação dessas espécies. Em agosto do mesmo ano, o MMA instituiu o Plano de Implementação da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras, pela Portaria MMA nº 3, de 16 de agosto de 2018, visando atingir os objetivos e indicadores de resultado definidos na Resolução Conabio nº 7. Já em 2019, a Instrução Normativa Ibama nº 12, de 13 de setembro de 2019, alterou a IN Ibama nº 3, de 31 de janeiro de 2013, e instituiu o Sistema Integrado de Manejo de Fauna (Simaf) como sistema eletrônico oficial para recebimento de declarações e relatórios de manejo da espécie exótica invasora javali (*Sus scrofa*) no território nacional.

Em setembro de 2021, o DSA/Mapa publicou o Plano Integrado de Vigilância de Doenças de Suínos, que incluiu ações de vigilância de suídeos asselvajados além dos domésticos, ampliando o escopo da vigilância para peste suína africana (PSA), PSC e síndrome reprodutiva e respiratória dos suínos (PRRS), aperfeiçoando e ampliando o escopo da vigilância da então revogada Norma Interna nº 3, de setembro de 2014. Finalmente, em setembro de 2022, foi publicado o Plano de Contingência de Peste Suína Africana, contemplando procedimentos direcionados às populações de suídeos asselvajados, que desempenham um papel crucial na epidemiologia da doença.

Devido ao viés ambiental, o manejo de espécies exóticas invasoras, incluindo o javali, está inserido no âmbito dos compromissos nacionais e internacionais em instâncias estratégicas, como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15.8 e a meta 6 da Conferência das Partes em Kunming-Montreal (2020 - 2030) da Convenção da Diversidade Biológica (CBD/COP/DEC/15/4).

Vigilância e o reconhecimento de áreas livres de PSC

A estruturação de vigilância de javalis, contando com o apoio voluntário de controladores de javalis na coleta de amostras para vigilância sorológica de PSC, foi implementada a partir da aprovação da Norma Interna DSA/Mapa nº 3 de 18 de setembro de 2014. Para o pleito ao reconhecimento de áreas livres de PSC à OMSA, a Embrapa Suínos e Aves apoiou o DSA com a produção de materiais orientadores, incluindo: manual de necropsia para veterinários; orientações sobre a colheita de sangue post mortem para controladores de javalis; orientação para diferenciar javalis e suiformes nativos; materiais para o reconhecimento de lesões sugestivas de síndromes hemorrágicas e vesiculares em javalis, orientações de biosseguridade específicas para evitar o contato entre suínos e javalis.

Além disso, foram realizados treinamentos e capacitações para veterinários oficiais estaduais, assim como para controladores de javalis, com o objetivo de instruí-los para colaborar na colheita de amostras de sangue/soro de javalis para vigilância sorológica de PSC. Essas ações geraram informações essenciais que foram incluídas na documentação para o pleito de reconhecimento internacional.

No pleito da primeira área livre composta pelo Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a vigilância sorológica foi realizada com amostras colhidas no âmbito da pesquisa da Embrapa Suínos e Aves, pois todo o processo era muito recente e os controladores ainda não estavam suficientemente sensibilizados. O relatório da sorologia de PSC dos asselvajados e critérios de priorização das áreas amostradas foi repassado ao PNSS para subsidiar a documentação oficial. As capacitações continuaram nos anos subsequentes, principalmente as dirigidas aos manejadores, acompanhando a evolução dos processos de manejo estabelecidos pelo Ibama.

Em 2015, a OMSA reconheceu Santa Catarina e Rio Grande do Sul como uma zona livre de PSC. No ano seguinte, foram reconhecidos outros estados: Acre, Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rondônia, São Paulo, Sergipe e Tocantins. Também foram reconhecidos os municípios de Guajará, Boca do Acre, Sul do município de Canutama e Sudoeste do município de Lábrea, pertencentes ao estado do Amazonas. Todos esses formaram a segunda área livre reconhecida pela OMSA. Em 2021, o Paraná apresentou o pleito para compor isoladamente uma terceira zona livre e obteve o reconhecimento internacional.

A Embrapa participou ativamente de todos os procedimentos relativos à vigilância de javalis que apoiaram o reconhecimento das zonas livres e continua atuando em colaboração e parceria com os órgãos oficiais nessa construção em constante evolução.

Sistema de Informação de Manejo de Fauna (Simaf)

Considerando que são atribuições do Ibama a regulamentação, autorização, monitoramento, avaliação e controle das ações de manejo das espécies da fauna silvestre e exótica, além da implantação e manutenção de sistemas de informação relacionados ao manejo e à gestão do uso dessas espécies, a primeira versão da IN Ibama nº 3, de 31 de janeiro de 2013, que declarou a nocividade e estabeleceu o manejo do javali para controle no país, previa, no Art. 9º, a criação de um sistema eletrônico de informações para o controle de espécies exóticas invasoras (Siseei), a ser implementado no futuro.

Contudo, devido ao excesso de demandas do setor de tecnologias da informação do órgão ambiental, o sistema não pode ser implantado conforme previsto e, durante os primeiros anos de vigência da normativa, as informações das autorizações e relatórios de manejo do javali seguiram sendo emitidos em formulário físicos de papel, entregues pelos manejadores nos escritórios regionais do Ibama. As dificuldades associadas ao preenchimento de documentação em papel e à entrega dos formulários nos escritórios eram um desestímulo para os manejadores. Além disso, a falta de retorno sobre as informações de manejo do javali e a necessidade de um sistema eletrônico eram reclamações cada vez mais frequentes.

O Projeto Javali, executado pela Embrapa, também previa o desenvolvimento de um sistema informatizado para integrar as informações de manejo do javali gerenciadas pelo Ibama, com as informações da vigilância e monitoramento sanitário procedentes da defesa sanitária animal oficial e da Embrapa Suínos e Aves. Assim, para suprir a necessidade de informatização dos processos de manejo do javali, o Sistema de Informação de Manejo de Fauna (Simaf) foi desenvolvido na Embrapa e disponibilizado ao Ibama em 2016 por meio de acordo de cooperação técnica. A implementação, pelo órgão ambiental, como sistema eletrônico do manejo do javali no país ocorreu somente em 2019, instituído pela Instrução Normativa Ibama nº 12, de 13 de setembro de 2019.

O Simaf consta de três componentes básicos: (1) registro de ocorrência da espécie, que possibilita que qualquer pessoa registre avistamentos, permitindo mapeamentos da ocorrência e detecção precoce de invasão de novas áreas pela espécie e fundamental para acionar mecanismos de contenção nas fases iniciais de invasão; (2) o componente autorizativo, que tem como objetivo o monitoramento das atividades de controle de javalis (quem, onde, quando, como, quanto, etc.), possibilitando aprimorar o manejo com base nas informações dadas pelos solicitantes das autorizações de manejo; e (3) o componente de relatórios de manejo, que fornece informações fundamentais para a gestão, pois possibilita

acessar dados quantitativos para o monitoramento de tendências populacionais e estimativas locais de abundância de javalis, cruciais para avaliar a eficácia dos métodos para reduzir o tamanho da população da espécie invasora ou os impactos provocados pela mesma.

Para avaliar a contribuição do Simaf à gestão do manejo de espécies exóticas invasoras no país, realizou-se a comparação dos dados do manejo de javalis obtidos antes (em formulários de papel) e após 16 meses da instituição do sistema. No componente de registro de ocorrência, antes indisponível, verificou-se ocorrência em média de 18,8 registros/mês, demostrando a aplicabilidade dessa funcionalidade na detecção precoce de invasões de javalis e outras espécies exóticas de interesse dos órgãos ambientais. No que se refere ao componente de relatórios, entre 2013 e 2017, antes da implementação do SIMAF, o número de relatórios de manejo recebidos pelos órgãos responsáveis foi o seguinte: 134 em 2013, 803 em 2014, 1.916 em 2015, 2.165 em 2016, 3.462 em 2017 e 2.642 em 2018.

Após a instituição do Simaf, em abril de 2019, houve um aumento de 448,5% no número de relatórios recebidos, totalizando 14.491 relatórios – sendo 319 antes da implementação do sistema e 14.172 após. De janeiro a agosto de 2020, o aumento foi de 132,4%, com 33.675 relatórios, em comparação com 2019. O uso do sistema contribuiu para o aumento tanto no volume de inserções quanto na qualidade dos dados sobre o manejo de javalis no país, permitindo análises qualiquantitativas de forma ágil e eficiente para a gestão.

Diante dos resultados, a funcionalidade de registro de ocorrência foi aprimorada para o registro de outras espécies exóticas invasoras. E, superando a forma e escopo original, tornou-se uma ferramenta de detecção precoce para subsidiar ações de resposta rápida a invasões recentes, que são estratégias com melhor custo-benefício para evitar o estabelecimento e viabilizando a erradicação de espécies exóticas invasoras recém-introduzidas no país (Brasil, 2018).

O Simaf, além do expressivo impacto na gestão do manejo do javali, foi uma das mais relevantes contribuições da Embrapa Suínos e Aves em apoio às políticas públicas relativas às espécies exóticas invasoras. Atualmente, o sistema é adotado como instrumento de registro de detecção precoce no âmbito da Estratégia Nacional de Espécies Exóticas Invasoras para além dos javalis. A Figura 7.3 ilustra a tela de registro de ocorrência do Simaf exibindo outras espécies exóticas invasoras além do javali.

Estudos populacionais dos javalis e a vigilância

As estimativas de densidade populacional, área de vida, padrões de movimento e uso/seleção de habitat dos javalis, assim como os fatores ecológicos

Figura 7.3. Tela de registro de ocorrência de espécies exóticas invasoras do Sistema de Informação de Manejo de Fauna (Simaf).

que influenciam a distribuição espacial da espécie, são parâmetros essenciais para a modelagem de doenças exóticas, para a compreensão da disseminação de doenças dependentes da densidade populacional e para o aprimoramento dos programas de manejo de pragas. Esses dados são estratégicos para subsidiar planos de manejo voltados ao controle populacional e sanitário desses animais.

De acordo com o Código Sanitário de Animais Terrestres da OMSA, a vigilância de populações selvagens/asselvajadas requer informações sobre a distribuição, tamanho e padrões de movimento das populações, bem como sua interface com as populações domésticas, para apoiar o entendimento da dinâmica das doenças nessas populações. No Brasil, devido ao recente histórico do manejo e vigilância dos javalis, estes estudos são escassos. Para acessar essas informações e obter parâmetros autóctones das populações de javalis em áreas prioritárias para a vigilância, como regiões de fronteira internacional e/ou regiões de alta concentração de suinocultura com maior risco de contato entre suínos domésticos e asselvajados, foram realizados estudos para estimar densidade populacional de javalis nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos municípios de Sant'Ana do Livramento, RS; Bocaina do Sul, SC; Vargem Bonita, SC e Irani, SC, somando mais de 6 mil km².

Em Sant'Ana do Livramento, a estimativa de densidade média de javalis foi de 3,5 indivíduos/km², enquanto em Bocaina do Sul a densidade média estimada foi de 4,8 indivíduos/km² e em Vargem Bonita foi de 11 indivíduos/km². Isso indica a maior densidade de javalis na região de maior concentração de produção de suínos, demonstrando o risco eminente para a suinocultura. Estes resultados orientam as recomendações de biosseguridade na suinocultura e outras explorações pecuárias, deixando um sinal de alerta aos produtores e aos serviços veterinários oficiais e privados.

O estudo de estimativa de área de vida por radiotelemetria realizado em Sant'Ana do Livramento demonstrou que, em média, a área de vida de um javali no Bioma Pampa foi de 11,8 km² (máx. 46,2 km² – mín. 2,51 km²) para o método de Mínimo Polígono Convexo (MPC 100%). Em Irani e Vargem Bonita, o valor médio estimado para javalis foi de 11,3 km², indicando que apesar da grande diferença nos ambientes de estudo, a área de vida dos javalis foi muito próxima. A Figura 7.4 ilustra o monitoramento por telemetria em javalis, em área de fronteira, entre Brasil e Uruguai.

Doenças com impacto econômico e Saúde Única

No âmbito da Saúde Única, os javalis apresentam particular importância, pois são suscetíveis a patógenos que infectam o homem e diversas espécies animais domésticas e silvestres, estabelecendo variadas interações entre ambiente, patógenos e populações suscetíveis, caracterizando um desafio urgente para a gestão pública e pesquisa científica. A Embrapa Suínos e Aves realiza o monitoramento sorológico de javalis para diversas doenças/patógenos endêmicos de importância econômica para a suinocultura. Tem sido detectada a circulação de *Mycoplasma hyopneumoniae*, circovírus tipo 2, parvovírus suíno, *Pasteurella multocida*, *Actinobacillus pleuropneumoniae*, além de patógenos zoonóticos e/ou multi-hospedeiros como *Toxoplasma gondii*, *Leptospira sp*, vírus da hepatite E, *Salmonella sp*, vírus da influenza A, *Trichinella sp*, *Mycobacterium sp*, dentre outros, apresentando grande variação na soroprevalências entre diferentes regiões.

O javali pode ser um sentinela para identificar a circulação de patógenos de interesse das populações domésticas e silvestres simpátricas, e o monitoramento dessas populações permite identificar o ingresso de patógenos que antes não circulavam nessas populações. Este foi o caso de senecavírus A, um vírus emergente na suinocultura tendo os primeiros registros no Brasil desde 2015. Ele causa uma doença vesicular que acarreta grandes prejuízos ao setor suinícola devido a sua semelhança à febre aftosa. Apesar da ampla disseminação do vírus na suinocultura brasileira, não havia informações sobre esse vírus em populações de vida livre.

Fotos: Virgínia Santiago Silva (A, B, C e D); Marcos Adriano Tortato (E)

Figura 7.4. Monitoramento de área de vida dos javalis por telemetria: (A) captura; (B) colocação de colar-GPS; (C) programação para monitoramento; (D) rastreamento do sinal do colar; (E) polígono da área de vida de um javali monitorado na região de fronteira entre Brasil e Uruguai.

Num estudo recente da Embrapa, em parceria com a Universidade Estadual de Londrina (UEL), foram detectados os primeiros javalis com anticorpos contra senecavírus A próximos às instalações de criação de suínos comerciais, indicando que provavelmente a transmissão ocorreu dos suínos para os javalis pelo contato entre estas populações. Isso evidencia a fragilidade da biosseguridade da suinocultura e o risco sanitário e suas consequências para ambas as populações.

Outro achado sorológico de grande impacto nos javalis foi a detecção de anticorpos contra *Trichinella sp.* em javalis procedentes de pelo menos quatro estados brasileiros. Este resultado inédito alterou o status do Brasil perante a OMSA em relação à *Trichinella sp*, pois é um patógeno zoonótico de notificação oficial internacional que nunca foi detectado em populações domésticas no Brasil, portanto as populações domésticas são consideradas livres, porém a detecção de anticorpos em javalis evidencia o ciclo silvestre do parasita, que representa uma ameaça à saúde pública (Figura 7.5). Desde 2017, a Embrapa Suínos e Aves colabora com o DSA e com o PNSS no monitoramento sorológico da Doença de Aujeszky e da PRRS (detalhes disponíveis no Capítulo 6), ambas de notificação obrigatória, sendo que a segunda é exótica no Brasil e recentemente foi incluída no escopo da vigilância integrada de doenças de suínos.

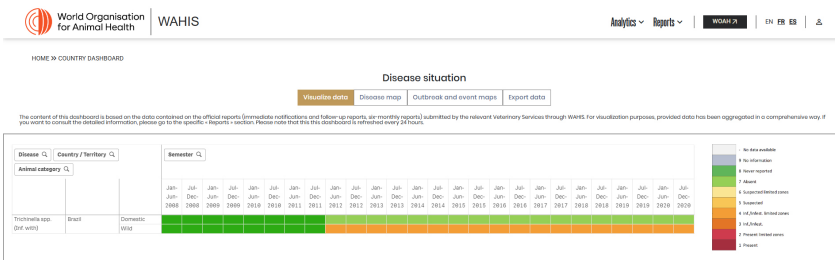

Figura 7.5. Registros da situação do Brasil em relação a *Trichinella spp.* pela Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA).

Fonte: World Organisation for Animal Health (2025).

Contribuições à defesa sanitária animal

Com a demanda para a estruturação de plano de vigilância de populações de suídeos asselvajados, estabeleceu-se a parceria entre Embrapa e Mapa desde 2012, consolidando um canal de comunicação e colaboração mútua no enfrentamento desse desafio. Pode-se dizer que, embora a vigilância seja uma atividade de caráter oficial, o DNA da Embrapa está em cada etapa inicial da construção

da vigilância das populações asselvajadas, uma vez que o ponto de partida do processo foi a demanda oficial, alavancando a pesquisa da Embrapa no tema.

No âmbito da vigilância oficial, o javali passou a existir a partir da Norma Interna DSA nº 3, de 18 de setembro de 2014, do Mapa, a qual foi elaborada com a colaboração da Embrapa junto ao SVO, atendendo aos quesitos de vigilância preconizados pela OMSA para estas populações. A Embrapa também contribuiu com a implementação dos procedimentos desta norma por meio de treinamentos/capacitações dirigidos ao SVO e colaboradores da sociedade civil, e elaboração de documentos técnicos orientadores, além do apoio em monitoramento sorológico nos primeiros anos de vigência da norma.

A vigilância dessas populações no Brasil é um processo recente, complexo e permanente, que requer aperfeiçoamento e evolução constantes para o alcance dos objetivos pretendidos, pois, apesar dos esforços para estabelecer o controle, a erradicação populacional do javali no país é utópica. No aprimoramento dos processos de vigilância, a Embrapa realizou estudos populacionais em regiões estratégicas, como a fronteira internacional e áreas de alta densidade de suinocultura comercial, que se aplicam ao dimensionamento espacial de unidades de vigilância baseadas na biologia da espécie, modelagens e outras explorações da dinâmica de doenças nas populações selvagens. Foram também realizados estudos para caracterização de identificadores de contato entre populações de suínos domésticos e asselvajados aplicados à vigilância, conforme quesitos preconizados pela OMSA.

A contribuição da pesquisa da Embrapa, em parceira com o Mapa, na ampliação do escopo da vigilância contemplou o monitoramento sorológico de doenças de notificação compulsória, como a PRRS, e melhorias nos procedimentos de colheita de amostras destinadas à vigilância sorológica oficial. A necessidade e aplicação estratégica dos resultados desses estudos foi claramente evidenciada após a detecção da PRRS no Uruguai em 2018, país que faz fronteira seca com Brasil e que tem grandes populações de javalis, caracterizando a ameaça ao status sanitário da suinocultura nacional, com potenciais impactos econômicos ao setor produtivo e implicações ao comércio internacional.

Como consequência natural da evolução e aprimoramento da vigilância oficial, em 2021 foi publicado o Plano de Vigilância de Doenças de Suínos pelo DSA/Mapa, incluindo PRRS e PSA na vigilância tanto de suínos domésticos quanto para as populações de suídeos asselvajados. Todas essas contribuições da pesquisa, além de municiarem os procedimentos do Plano de Vigilância de Doenças de Suínos, também se aplicam e subsidiam ações relativas às populações asselvajadas do Plano de Contingência da PSA, publicado em 2022 (DSA/Mapa).

A colaboração e parceria da Embrapa junto aos órgãos oficiais para tratar temas relativos ao javali, bem como a participação em comitês e grupos de

assessoramento técnico dos instrumentos que norteiam as políticas públicas do tema, aproximou as entidades e possibilitou à Embrapa participar da elaboração e acompanhar a evolução dos processos de manejo e vigilância da espécie. Esta profícua relação interinstitucional foi fundamental e continuará sendo estratégica para a identificação de prioridades de pesquisa.

Perspectivas futuras para o controle do javali

A Embrapa, a partir do seu compromisso de viabilizar soluções de PD&I para a sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira, desde 2012 vêm atuando em colaboração com o MMA, Ibama, ICMBio e Mapa na elaboração e execução das políticas públicas relativas ao javali. A Unidade contribuiu em diversos níveis com metodologias e processos que se mostraram decisivos na elaboração e execução das políticas de manejo populacional e vigilância das populações de javalis atualmente vigentes.

Apesar dos esforços e avanços desde 2010 até o presente, é plausível admitir que as consequências e impactos decorrentes da invasão dos javalis no país ainda precisam ser melhor conhecidos, dimensionados e controlados. A espécie invasora continua em franca expansão pelo território nacional, agravando também as ameaças sanitárias no âmbito de Saúde Única (*One Health*), além das implicações às cadeias produtivas de proteína animal. Como as populações de javalis e seus ambientes são dinâmicos, os Planos Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali, de Vigilância de Doenças de Suínos e de Contingência de Peste Suína Africana também precisam acompanhar os desafios impostos pela invasão biológica.

Essa constatação requer que seja promovida revisão constante dos procedimentos de manejo adaptativo para controle da espécie, da vigilância e contenção de doenças, além do desenvolvimento de pesquisa aplicada para subsidiar as políticas públicas no enfrentamento dos desafios ambientais, sanitários, econômicos e sociais vinculados à presença do javali em território nacional. A Embrapa continuará à disposição para contribuir com pesquisa aplicada em apoio à evolução dessas políticas públicas.

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução SBIO/MMA CONABIO nº 7, de 29 de maio de 2018. Institui o Plano de Implementação da Estratégia Nacional. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 112, p. 69, 29 maio 2018. https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biodiversidade1/especies-exoticas-invasoras/resconabio072018estratgianacionalparaespciesexticasinvasoras.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **World Animal Health Information System**: country dashboard: disease situation. Disponível em: https://wahis.woah.org/#/dashboards/country-or-disease-dashboard. Acesso em: 25 abr. 2025.

Literatura recomendada

ANIMAL Health Surveillance. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH . **Terrestrial Animal Health Code**: volume I: general provisions. 31. ed. Paris, 2023. p. 7-15 Disponível em: https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=jb-lWlyEKQpwEHsTlbWAZCAj8TejStON5FtHQAm_yb4=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless. Acesso em: 25 abr. 2025.

BATISTA, G. O.; JUNQUEIRA, J.; SILVA, V. S.; DALMEDICO, G.; MOURA, M. N.; TEIXEIRA, I.; SABAINÍ, R. M.; SILVA, R. D. da; MOREIRA JÚNIOR, J. P. R. Sistema integrado de manejo de fauna. In: OLIVEIRA JÚNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (org.). **Tópicos integrados de zoologia**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. p. 1-9.

BATISTA, G. O. (org.). **Relatório sobre áreas prioritárias para o manejo de javalis**: aspectos ambientais, socioeconômicos e sanitário. Brasília: Ibama, 2019. 51 p. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/javali/2020-01-08-Relatorio___Versao_A4_para_web___completo___versao_3___23_12_2019.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

BORDIN, L. C.; KRAMER, B.; SILVA, V. S. **Biosseguridade na suinocultura**: proteja sua granja contra suídeos asselvajados. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. Folder.

BRANDÃO, L. N. S.; ROSA, J. M. A.; KRAMER, B.; SOUZA, A. T. H. I. de; TREVISOL. I. M.; SILVA, V. S.; NAKAZATO, L.; DUTRA, V. Detection of Toxoplasma gondii infection in feral wild boars (Sus scrofa) through indirect hemagglutination and PCR. **Ciência Rural**, v. 49, v. 03, e20180640, 2019. DOI: 10.1590/0103- 8478cr20180640.

BRASIL. Decreto nº 11.615, de 21 de julho de 2013. Regulamenta a Lei nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003, para estabelecer regras e procedimentos relativos à aquisição, ao registro, à posse, ao porte, ao cadastro e à comercialização nacional de armas de fogo, munições e acessórios, disciplinar as atividades de caça excepcional, de caça de subsistência, de tiro desportivo e de colecionamento de armas de fogo, munições e acessórios, disciplinar o funcionamento das entidades de tiro desportivo e dispor sobre a estruturação do Sistema Nacional de Armas - Sinarm. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2023/decreto-11615-21-julho-2023-794460-publicacaooriginal-168524-pe.html. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Plano integrado de vigilância de doenças de suínos**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202302/23112620-4-plano-26796391-plano-integrado-de-vigilancia-pnss-edicao-2.pdf. pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria Interministerial nº 232, de 18 de julho de 2017. Dispõe sobre o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (Sus scrofa) no Brasil - Plano Javali, e estabelece objetivo geral, objetivos específicos, ações, prazo de execução, coordenação e monitoria. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 214, p. 111, 8 jul. 2017. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=111&data=08/11/2017. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria SBIO/MMA nº 3, de 16 de agosto de 2018. Institui o Plano de Implementação da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 159, p. 75, 17 ago. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3-de-16-de-agosto-de-2018-37213106. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRAZ, P. H.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, V. S.; TOMAS, W. M.; JULIANO, R. S.; MOREIRA, T. A.; ZIMMERMANN, N. P.; PELLEGRIN, A. O. Risk of exposure of farms and subsistence nurseries to contact with wild boar in southern Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 148-154, 2019. DOI: 10.1590/1678- 5150-pvb-5888

DUFOUR, B.; HENDRIKX, P. **Epidemiological surveillance in animal health**. Paris: FAO, 2009. 386 p.

DOUTEL-RIBAS, C. et al. Invasive wild boars and native mammals in agroecosystems in the Atlantic Forest of Western Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00241.

FELICIO, A. L. A.; GUIDO, M. C.; HAGA, G. S. I.; MARCOS, A. S.; MELLO, E. R.; CORREA, W. A. ; LAGATTA, L.; SILVA, V. S.; HOPPE, E. G. L. Education: support tool for epidemiological surveillance system in wild boar. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 26., 2022, Rio de Janeiro. **Proceedings**... Rio de Janeiro: IPVS, 2022. p. 512.

GALVANI, J. W. de C.; AMARAL, F. do; CAVAGNI, G. M.; SILVA, V. S. Monitoramento sanitário para peste suína clássica em suídeos asselvajados no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, de 2014 a 2018. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n.3, p. 172-178, 2019. DOI: 10.36812/pag.2019253172-178.

GAVA, D.; CARON, L.; SCHAEFER, R.; SILVA, V. S.; WEIBLEN, R.; FLORES, E. F.; LIMA, M. de; TAKEDA, G. Z.; ZANELLA, J. R. C. A retrospective study of porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in Brazilian pigs from 2008 to 2020. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 69, n. 2, p. 903-907, 2021. DOI: 10.1111/tbed.14036

GAVA, D.; SCHAEFER, R.; SILVA, V. S.; CARON, L.; MORÉS, N.; ZANELLA, J. R. C. **Peste suína clássica e peste suína africana**: a situação mundial e os desafios para o Brasil. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 35 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 208).

GUBERTI, V.; KHOMENKO, S.; MASIULIS, M.; KERBA S. **African swine fever in wild boar**: ecology and biosecurity. 2nd ed. Rome, FAO, World Organisation for Animal Health and European Commission, 2022. (FAO Animal Production and Health Manual, 28). DOI: 10.4060/cc0785.

IBAMA. Instrução Normativa nº 12, de 25 de março de 2019. Institui o Sistema Integrado de Manejo de Fauna (Simaf). **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 65, p. 29, 4 abr. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-12-de-25-de-marco-de-2019-70006233. Acesso em: 25 abr. 2025.

IBAMA. Instrução Normativa nº 3, de 31 de janeiro de 2013. Declara a nocividade da espécie exótica invasora javali-europeu, de nome científico Sus scrofa, em todas as suas formas, linhagens, raças e diferentes graus de cruzamento com o porco doméstico, doravante denominados "javalis". **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 23, p. 88-89, 1 fev. 2013. Disponível: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=129393. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBAMA. Portaria nº 65, de 31 de janeiro de 2013. Institui o Comitê Permanente Interinstitucional de Manejo e Monitoramento das Populações de Javalis no Território Nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 23, p. 87-88, 1 fev. 2013. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=129391. Acesso em: 25 abr. 2025.

IBAMA. **Relatório de Manejo do javali de 2013 à 2016**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/javali/2019/Ibama-relatorio_javali_2013_a_2016_final.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

INFECTION with African swine fever virus. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH . **Terrestrial Animal Health Code**: volume II: recommendations applicable to OIE listed diseases. 31. ed. Paris, 2023. p. 767-777. Disponível em: https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=mXU02C50eDhv-YSpHpGyEuhrN3uFv1NWC2r31TzzV9g=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless. Acesso em: 25 abr. 2025.

INFECTION with Aujeszky's disease vírus. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Terrestrial Animal Health Code**: volume II: recommendations applicable to OIE listed diseases. 28. ed. Paris, 2019. p. 497-504. Disponível em: https://rr-europe.woah.org/app/uploads/2020/08/oie-terrestrial-code-2_2019_en.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

INFECTION with classical swine fever virus. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH . **Terrestrial Animal Health Code**: volume II: recommendations applicable to OIE listed diseases. 31. ed. Paris, 2023. p. 778-790. Disponível em: https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=mXU02C50eDhv-YSpHpGyEuhrN3uFv1NWC2r31TzzV9g=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless. Acesso em: 25 abr. 2025.

INFECTION with porcine reproductive and respiratory syndrome viruses. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Terrestrial Animal Health Code**: volume II: recommendations applicable to OIE listed diseases: section 15: suideo. Paris, 2019. p. 787-792. Disponível em: https://rr-europe.woah.org/app/uploads/2020/08/oie-terrestrial-code-2_2019_en.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

KRAMER, B.; BORDIN, L. C.; TREVISOL, I. M.; SILVA, M. C.; SILVA, V. S. **Orientações para colheita de sangue post mortem e envio ao laboratório**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. Folder.

KRAMER, B.; TREVISOL, I. M.; SILVA, V. S. **Triquinelose**: saiba o que é e como proteger as criações de suínos e a sua saúde. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. Folder.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. **100 of the world's worst invasive alien species**: a selection from the global invasive species database. Auckland: ISSG, 2004. 12 p.

MAPA. Departamento de Saúde Animal. **Plano de Contingência de Peste Suína Africana**: níveis tático e operacional: declaração e gerenciamento da emergência zoossanitária. Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/sanidade-suidea/legislacao-suideos/Plano_Contingencia_PSA__versao_1.0_15_09_2022_final.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

MARTINS, F. I.; MOURÃO, G. M.; CAMPOS, Z.; PELLEGRIN, A.; SILVA, V. S. Activity pattern and habitat selection by invasive wild boars (sus scrofa) in Brazilian agroecosystems. **Mastozoologia Neotropical**, Mendonza, v. 26, n.1, p. 129-141, 2019. DOI: 10.31687/saremMN.19.26.1.0.08.

MARQUES, M. G.; ZANELLA, R.; SILVA, V. S. **Quando suínos asselvajados atingem a puberdade no Sul do Brasil?** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 8 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 598).

OLIVEIRA, S. V. de; VARGAS, A.; ROCHA, S. M.; PEREIRA, L. R. M.; OLIVEIRA, C. G. de; SILVA, V. S. The nature of attacks by wild boar (Sus scrofa) and wild boar/domestic pig hybrids (javaporcos) and the conduct of anti-rabies care in Brazil. **Interamerican Journal of Medicine and Health**, v. 1, n. e201801001, 2018.

RECH, R. R.; SILVA, M. C. da; LANGOHR, I. M.; MARQUES, M. G.; PESCADOR, C. A.; SILVA, G. S.; DUTRA, M. C.; BRUM, J. S.; KRAMER, B.; BORDIN, L. C.; SILVA, V. S. Nem tudo o que parece ser, é lesão: aspectos anatômicos, não lesões, artefatos, lesões sem significado clínico e alterações post mortem encontrados na necropsia de suínos domésticos e selvagens (Sus scrofa). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 10, p. 1237-1255, 2013. DOI: 10.1590/S0100-736X2013001000010.

RECH, R. R.; SILVA, M. C. da; SILVA, V. S. **Manual de necropsia para suídeos**. Brasília: Embrapa, 2014. 114 p.

SALVADOR, C. H.; TORTATO, M.; SEVERO, D. R. T.; SANTIAGO, V.; NICHELE, M. A.; LEÃO, R.; LEÃO, A.; GOEZ, J. V. de; SILVA, V. S. da; ZUCHIWSCHI, E.; NUNES, V. M.; ALVES, G. F.; SANTOS, L. C. dos. First attempt to eradicate wild boar (Sus scrofa) in a protected area in Brazil. In: INTERNATIONAL UNION OF GAME BIOLOGISTS CONGRESS, 34., 2019, Kaunas. **Abstract Book**. Lutuania: Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, 2019. p. 103-105.

SEVERO, D. R.T.; WERLANG, R. A.; MORI, A. P.; BALDI, K. R. A.; MENDES, R. E.; SURIAN, S. R. S.; COLDEBELLA, A.; KRAMER, B.; TREVISOL, I. M.; GOMES, T. M. A.; SILVA, V. S. Health profile of free-range wild boar (Sus scrofa) subpopulations hunted in Santa Catarina State, Brazil. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 68, n. 2, p. 857-869, 2021. DOI: 10.1111/tbed.13752.

SILVA, V. S.; BORDIN, L. C.; TREVISOL, I. M.; KRAMER, B.; DAMBRÓS, R.; KUCHIISCHI, S. S.; PANDOLDI, J. R.; ESTEVES, P. A.; SILVA, A. D.; TORTATO, M.; SALVADOR, C. H. Survey of Toxoplosma gondii, Brucella spp., and Leptospira sp antibody in Eurasian wil boar (sus scrofa) from southern Brazil._Partial results. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PATHOGENS AT THE HUMAN-ANIMAL INTERFACE (ICOPHAI), 2., 2013, Porto de Galinhas. **One health for sustainable development**. Porto de Galinhas: VPH-Biotech Global Consortium, 2013.

SILVA, V. S.; DALLAGNOL, A. M.; SEVERO, D. R. T.; KRAMER, B.; TREVISOL, I. M.; ALFIERI, A. **Pesquisa de anticorpos contra Senecavirus A (SVA) em javalis asselvajados e suas implicações para a suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 13 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 612).

SILVA, V. S.; KRAMER, B. **Peste suína africana**. Saiba o que é e como proceder. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 2 p. Folder.

SILVA, V. S.; KRAMER, B.; TREVISOL, I. M. **Protocolo de colheita de amostras biológicas para pesquisa exploratória de patógenos em javalis**: uma oportunidade em Saúde Única. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 29 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 603).

SILVA, V. S.; KRAMER, B.; TREVISOL, I. M.; RIBEIRO, T. **Peste suína clássica e febre aftosa**: saiba identificar e como proceder. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. Folder.

SILVA, V. S.; KRAMER, B.; TREVISOL, I. M. Seroprevalence of Toxoplasma gondii and Hepatitis E virus (HEV) in free-ranging wild boars hunted in six Brazilian states. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 26., 2022, Rio de Janeiro. **Proceedings**... Rio de Janeiro: IPVS:, 2022. p. 398.

SILVA, V. S.; LOPES, K. G. S.; BERTANI, G. R.; OLIVEIRA FILHO, E. F. de; TREVISOL, I. M.; KRAMER, B.; COLDEBELLA, A.; GIL, L. H. V. G. Seroprevalence of hepatitis E virus (HEV) in domestic non-commercial pigs reared in small-scale farms and wild boar in south of Brazil. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON THE EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF BIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL HAZARDS IN PIG AND PORK, 12., 2017. **Proceedings book**... Foz do Iguaçu, 2017. Concórdia, SC: Embrapa, 2017. p. 72 -75.

SILVA, C. S.; MENDONÇA, T. O.; MACHADO, D. M. R.; PACHECO, C. A. A.; OLIVEIRA, W. J.; PERIN, P. P.; WERTHER, K.; CARRARO, P. E.; TREVISOL, I. M.; KRAMER, B.; SILVA, V. S.; MATHIAS, L. A.; BÜRGER, K. P.; HOPPE, E. G. L. Seropositive wild boars suggesting the occurrence of a wild cycle of Trichinella spp. in Brazil. **Animals**, v. 12, n. 462, 2022. DOI: 10.3390/ani12040462.

SILVA, V. S.; MOURÃO, G.; KRAMER, B.; CAMPOS, Z.; PIOVEZAN, U. **Javalis, javaporcos e suiformes nativos**: saiba diferenciar e conserve a fauna nativa. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. Folder.

SILVA, V. S.; RECH, R. R.; SILVA, M. C. da; BORDIN, L. C.; KRAMER, B.; IANISKI, F.; ASCOLI, K.; TORTATO, M.; SALVADOR, C. H. Muscular Sparganosis in Eurasian wild boar (Sus scrofa) from Southern Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PATHOGENS AT THE HUMAN-ANIMAL INTERFACE (ICOPHAI), 2., 2013, Porto de Galinhas. **One health for sustainable development**. Porto de Galinhas: VPH-Biotech Global Consortium, 2013.

SILVA, V. S.; TORTATO, M. A.; SALVADOR, C. H. **Densidade populacional e área de vida de javalis em áreas estratégicas para vigilância e defesa agropecuária**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 25 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 613).

SILVA, V. S.; TREVISOL, I. M.; KRAMER, B.; COLDEBELLA, A. **Fatores eco-epidemiológicos na vigilância e monitoramento sanitário de suídeos asselvajados e protocolo de investigação para uma abordagem participativa**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 44 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 238).

SOUZA, T. C. D. de; SILVA, V. S.; MORES, M. A. Z.; KRAMER, B.; LEME, R. A.; PORTO, G. da S.; ALFIERI, A. A. Mycoplasma hyopneumoniae in free-living wild boars in Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 3, p. 1581-1587, 2021. DOI: 10.1007/s42770-021-00516-0.

TREVISOL, I. M.; KRAMER, B.; COLDEBELLA, A.; SILVA, V. S. Seroprevalence of Brucella spp, Lepstospira spp and Toxoplasma gondii in wild board (sus scrofa) from southern Brazil. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON THE EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF BIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL HAZARDS IN PIG AND PORK, 12., 2017. **Proceedings Book**... Foz do Iguaçu, 2017. Concórdia, SC: Embrapa, 2017. p. 76 - 80.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Training manual on wildlife diseases and surveillance**: workshop for OIE national focal points for wildlife. Paris: 2010. 46 p. Disponível em: https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/a-training-manual-wildlife.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

CAPÍTULO 8

Integração entre regulação, pesquisa e indústria na qualidade dos alimentos

Jalusa Deon Kich, Virgínia Santiago Silva , Josir Laine Aparecida Veschi, Vanessa Gressler e Vicky Lilge Kawski

Ações de pesquisa promovem a segurança dos alimentos | 1975–2010

No início dos anos 1990, especialmente em 1994 e 1995, veterinários do Serviço de Inspeção Federal (SIF) identificaram um aumento na prevalência de lesões de linfadenite granulomatosa sugestivas de infecções por micobactérias, resultando em significativo aumento no percentual de condenações de carcaças (parcial e/ou total) de suínos, consequentemente, um grande impacto econômico para o setor produtivo. A clara demanda por pesquisas nessa linha foi identificada e desencadeou a articulação de uma produtiva parceria entre Embrapa, iniciativa privada e SIF na busca por uma solução para o problema.

Assim, foram iniciadas em 1997 atividades de pesquisa na Embrapa Suínos e Aves para: (1) estimar o impacto econômico das micobacterioses em abatedouros da região Sul do Brasil; (2) estudar a sazonalidade das micobacterioses suínas; e (3) identificar os fatores de risco associados a micobacterioses. Os resultados desse esforço coletivo geraram, entre outros benefícios, uma adequação dos procedimentos de inspeção em linhas de abate de suínos. Além disso, a Embrapa Suínos e Aves atuou na otimização e adequação de métodos de diagnóstico in vivo e post mortem.

Outra contribuição, nos anos 1990, foi estudar a dinâmica da infecção micobacteriana no sistema alternativo de criação de suínos em cama sobreposta, que ganhou espaço especialmente no Sul do Brasil. No entanto, a cama sobreposta mostrou-se um ambiente favorável à manutenção e multiplicação de micobactérias, realidade que revelou-se um limitante para a adesão e difusão do sistema em maior escala. Foi verificado que suínos criados em camas de casca de arroz e maravalha apresentavam menor percentual de condenações por linfadenite granulomatosa comparados aos suínos criados em cama de serragem. A manifestação de lesões foi maior nos meses quentes e em camas mais novas, de um ou dois lotes, tendendo a uma diminuição em lotes subsequentes.

Infecção por *Salmonella*: um dos focos da Embrapa

A Embrapa Suínos e Aves intensificou as pesquisas sobre *Salmonella* a partir dos anos 2000. Até 2003, foram descritos os fatores de risco dos rebanhos suínos comerciais associados com a ocorrência e intensidade de infecção pela bactéria. Na sequência, a Unidade desenvolveu metodologias e processos para identificação e controle da infecção por salmonelas em rebanhos suínos. Os esforços da Embrapa resultaram na obtenção de técnicas para uso em pesquisa e monitoramentos, como a validação de teste de Elisa desenvolvido anteriormente

para uso com soro e adaptado ao suco de carne. Também foram avaliados desinfetantes usados no controle da bactéria e validados os fatores de risco para *Salmonella*. Ainda nos anos 2000, a área de atuação foi ampliada com um estudo de prevalência de suínos portadores na região Centro-Oeste, que mostrou diferenças epidemiológicas entre regiões de produção de suínos no país.

Modelo alternativo sem antibióticos

"A Embrapa desenvolveu um trabalho importante nos anos 2000 para **controlar** a *Salmonella* e **reduzir** o uso de antimicrobianos em rebanhos de suínos."

A intensificação e concentração da produção de suínos trouxe, nos anos 2000, a preocupação com o uso de antimicrobianos para controlar doenças multifatoriais e maximizar os índices produtivos. A Unidade iniciou em 2008 projeto para modelo alternativo de sistema de produção em ciclo completo em baixa escala (granja com 21 matrizes) com objetivo da produção de suínos para abate sem uso de antimicrobianos preventivos ou promotores de crescimento. As matrizes alojadas na implantação do sistema foram de uma granja GRSC, porém positiva para Mh, Pm A e D, Bb e amostras patogênicas de *S. suis* e *H. parasuis*. Vacinas foram utilizadas apenas nas porcas contra colibacilose neonatal, rinite atrófica e a reprodutiva (parvovirose, erisipela e leptospirose).

No sistema somente foi utilizado antimicrobiano injetável para tratamento de animais doentes. Os leitões da mesma leitegada permaneceram juntos do nascimento ao abate, sem haver misturas de animais em qualquer fase. Esse sistema foi intitulado Produção de Suínos em Família. Os bons resultados obtidos no sistema foram atribuídos, principalmente, ao fato dos leitões terem sido mantidos na mesma leitegada do nascimento até o abate. Nessas condições de produção, os pesquisadores observaram um bom nível de bem-estar, redução do estresse e diminuição da transmissão horizontal de agentes infecciosos.

Integração entre regulação, pesquisa e indústria na qualidade dos alimentos

A segurança dos alimentos é um tema central para o Brasil, que se consolida como um dos maiores produtores de alimentos do mundo. Diante da complexidade do setor – abrangendo altos volumes de produção, processamento e distribuição – e da vasta rede de consumidores alcançados, torna-se essencial uma atuação sinérgica entre pesquisa, setor regulado e órgãos reguladores para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos produzidos no país. Fatores sanitários e econômicos que afetam o comércio global dos produtos brasileiros também influenciam diretamente os programas de garantia da qualidade dos alimentos e insumos, a capacidade de autocontrole dos estabelecimentos e a atualização das regulamentações. Na produção de carne suína, o elevado volume e a velocidade das operações demandam inovação tecnológica contínua para assegurar a oferta de produtos de qualidade ao mercado. A automação dos processos – substituindo operações manuais por máquinas no abate de suínos – tem avançado no Brasil, trazendo benefícios significativos, mas também novos desafios para a segurança dos alimentos.

Avanços na qualidade higiênico-sanitária da carne suína

Nas últimas décadas, a qualidade higiênico-sanitária da carne suína no Brasil evoluiu significativamente, impulsionada por avanços regulatórios, tecnoló-

gicos e científicos. No âmbito regulatório, o Programa de Redução de Patógenos, coordenado pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Dipoa/Mapa), foi implementado por meio da IN nº 60/2018, que estabeleceu o controle microbiológico das carcaças suínas em frigoríficos com Serviço de Inspeção Federal (SIF), visando avaliar a higiene do processo e reduzir a prevalência de agentes patogênicos. Entre 2010 e 2025, a modernização do sistema de inspeção sanitária de carnes foi amplamente debatida na comunidade científica internacional. Essa atualização se fundamenta na mudança do perfil zoonótico dos produtos de origem animal, resultado das transformações nos sistemas de produção pecuária.

Com o aumento do tamanho dos rebanhos, a intensificação tecnológica das granjas e a consolidação do confinamento como a forma mais sustentável de produção de proteína animal para atender a uma população em constante crescimento, tornou-se essencial a realização de análises de risco específicas para o contexto nacional. Essas análises permitem identificar os principais patógenos a serem controlados nessa nova realidade, garantindo a segurança dos alimentos e a saúde pública. O crescimento das exportações, tanto em volume quanto em alcance de mercados, resultou em um aumento dos acordos bilaterais, nos quais os programas sanitários oficiais e as condições higiênico-sanitárias são minuciosamente avaliados, tanto por meio da análise documental quanto por auditorias in loco. Esse cenário dinâmico abre oportunidades para o desenvolvimento de pesquisas e inovações em parceria com a Embrapa Suínos e Aves, fortalecendo a competitividade e a segurança do setor.

Avanços no controle da resistência antimicrobiana

Paralelamente às condições higiênico-sanitárias da carne, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou uma chamada global para o controle da resistência aos antimicrobianos (ATM). Essa preocupação se fundamenta em projeções alarmantes sobre um aumento significativo de óbitos devido à ineficácia desses medicamentos nas próximas décadas.

Nesse contexto, ganha relevância a discussão sobre o papel da agropecuária na seleção e disseminação de bactérias resistentes aos antimicrobianos, que podem atingir os seres humanos tanto pelo consumo de alimentos contaminados quanto pela exposição ambiental. Além dos impactos diretos na saúde pública, as estimativas indicam que a perda de eficácia dos ATM poderá elevar os custos com saúde em 6% nos países desenvolvidos, 15% nos países em desenvolvimento e 25% nos países subdesenvolvidos (Drug-resistant [...], 2017). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a OMS

(Foodborne [...], 2023), os desafios relacionados à resistência antimicrobiana estão diretamente ligados ao uso de ATM em qualquer ambiente, seja humano ou não humano. Na produção animal, o uso de ATM representa um fator de risco crítico para a seleção de microrganismos resistentes, disseminação de genes de resistência e transmissão para os humanos por meio do consumo de alimentos. Esse cenário reforça a consolidação do conceito de Resistência Antimicrobiana Transmitida por Alimentos (Foodborne AMR), um dos grandes desafios globais da segurança alimentar e da saúde pública.

Em 2018, como membro da OMS, o Brasil publicou o Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no Âmbito da Saúde Única (Brasil, 2019b). Esse plano, de caráter interministerial, estabelece uma abordagem integrada para enfrentar o problema da resistência antimicrobiana, estruturando-se em cinco objetivos estratégicos: (1) fortalecimento da comunicação e educação sobre o uso responsável de antimicrobianos; (2) avanço na pesquisa e inovação científica para compreender e mitigar a resistência; (3) aprimoramento da vigilância e monitoramento da resistência antimicrobiana; (4) redução da incidência de infecções e controle da disseminação de patógenos resistentes; e (5) otimização do uso de antimicrobianos, além da ampliação dos investimentos estratégicos para contenção do problema.

Os objetivos estratégicos são desdobrados em ações específicas, incluindo diretrizes voltadas ao setor agropecuário, com intervenções estratégicas e atividades direcionadas ao uso prudente de ATM na produção animal. Para que o Brasil avance na implementação do PAN-BR, é essencial identificar lacunas de pesquisa e produzir dados científicos que embasem políticas públicas eficazes e sustentáveis, garantindo a segurança dos alimentos e a preservação da eficácia dos ATM para as futuras gerações.

Avanços da segurança química na produção de suínos

A qualidade e segurança química da carne suína no Brasil também teve significativo avanço nos últimos anos. Durante a criação de animais para a produção de alimentos, é possível que ocorra o tratamento com produtos de uso veterinário e também a exposição a agrotóxicos e contaminantes, o que pode deixar resíduos nos alimentos obtidos a partir das carcaças. Estes resíduos químicos não podem representar danos à saúde dos consumidores e, por isso, foi criado o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (PNCRC) – linha central de controle destes resíduos como ferramenta de gerenciamento de risco e com o objetivo de promover a segurança química dos alimentos de origem animal produzidos no Brasil.

O PNCRC é gerenciado pela Coordenação de Caracterização de Risco, da Coordenação Geral de Programas Especiais (CRISC/CGPE/Dipoa) e sua execução envolve o Mapa. O programa, aceito internacionalmente, realiza planos anuais de amostragem, no caso de suínos, de animais encaminhados para abate em estabelecimentos com SIF para análises de uma ampla gama de substâncias que possuem seu uso autorizado (para as quais é testado o atendimento dos limites máximos de resíduos – LMR aplicáveis) e proibidas (como hormônios, agrotóxicos, contaminantes inorgânicos, micotoxinas e dioxinas).

Desde sua implementação, o PNCRC vem ampliando gradativamente o escopo de substâncias químicas pesquisadas. Atualmente, cobre todas as principais classes de substâncias ranqueadas como importantes para saúde pública nas cadeias das carnes (aves, bovinos, suínos e equídeos), leite, ovos e mel, bem como o número de amostras analisadas. Nesse contexto, a qualidade e a segurança química dos alimentos têm se mostrado um assunto relevante para que ações em casos de violação se deem de forma ágil.

Contribuições no avanço da qualidade higiênico-sanitária

A Embrapa Suínos e Aves esteve profundamente engajada na produção de parâmetros técnicos microbiológicos, fundamentais para a atualização das normativas aplicadas ao abate de suínos e aves. Em 20 de dezembro de 2018, foi publicada a Instrução Normativa nº 60, estabelecendo critérios microbiológicos para autocontrole e controle oficial de carcaças de suínos. Essa norma foi elaborada pela Comissão de Microbiologia do Dipoa, com a participação ativa da Embrapa Suínos e Aves, tanto como membro da comissão quanto por meio das pesquisas realizadas sobre a dinâmica de infecção e controle de *Salmonella* na cadeia de produção suína (Brasil, 2018b).

Os resultados da avaliação qualitativa de riscos de um projeto paralelo, liderado pela Embrapa Suínos e Aves, identificaram a *Salmonella* como o principal perigo microbiológico atribuído à carne suína, reforçando a necessidade de regulamentação específica. Até então, o Brasil não possuía uma norma oficial para controle microbiológico de carcaças suínas, abrangendo tanto indicadores de higiene (enterobactérias) quanto patógenos (*Salmonella*).

Como mencionado anteriormente, a intensificação da suinocultura, baseada no confinamento, na adoção de novas tecnologias e nos avanços no controle sanitário, modificou o perfil de risco da carne suína como veículo de zoonoses. Atualmente, a maioria das lesões identificadas na inspeção *post mortem* não representa risco à saúde humana, mas sua detecção ainda exige um conjunto extenso de procedimentos realizados pelo SIF. Paralelamente, os principais perigos

à saúde do consumidor, identificados por avaliações de risco, não geram lesões visíveis nas linhas de inspeção. Esse novo cenário impulsionou a necessidade de revisão e modernização do sistema de inspeção de carnes, direcionando o foco para riscos efetivos à inocuidade dos alimentos, com embasamento científico.

Em 2017, foi publicado o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, substituindo o antigo regulamento, vigente por 65 anos. Ambos os regulamentos determinam a destinação de carcaças e miúdos conforme as lesões encontradas, porém o novo regulamento possibilita a adoção de novos procedimentos, desde que fundamentados em avaliações de risco.

Diante dos avanços da suinocultura e da necessidade de adequação do serviço de inspeção, a Embrapa, a pedido do Dipoa/Mapa e em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), desenvolveu um arcabouço de informações inter-relacionadas para modernizar o sistema de inspeção brasileiro. Esse trabalho foi baseado na análise do banco de dados do SIF, na avaliação qualitativa de riscos para priorização dos perigos relacionados à carne suína, na revisão da legislação aplicável, na produção de dados complementares de campo e na validação da proposta em abatedouros com diferentes níveis de tecnologia.

Deste esforço resultou uma Opinião Científica, documento que posicionou a Embrapa como protagonista na modernização do sistema de inspeção sanitária de carnes no Brasil. Essa iniciativa também gerou demandas para outras cadeias produtivas, como aves e bovinos, consolidando a avaliação de risco como ferramenta essencial para embasar mudanças em políticas públicas.

Além disso, a eliminação da restrição para exportação de carcaças submetidas ao Departamento de Inspeção Final também foi baseada em uma nota técnica fundamentada em dados científicos e regulamentada pela Portaria nº 1.304, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 7 de outubro de 2018 (Brasil, 2018c). Essa medida teve um impacto econômico significativo, aumentando a competitividade da carne suína brasileira ao reduzir a desqualificação da matéria-prima para mercados externos de maior valor agregado.

Por fim, a regulamentação do sistema de inspeção baseado em risco (Figura 8.1) para suínos foi oficializada com a publicação da Instrução Normativa nº 79, de 14 de dezembro de 2018 (Brasil, 2018a). O documento institucional Opinião Científica - Modernização da Inspeção Sanitária em Abatedouros de Suínos: Inspeção Baseada em Risco fundamentou tecnicamente a construção dessa norma.

Após a regulamentação da inspeção baseada em risco para suínos, a Embrapa direciona seus esforços para dar suporte à implantação da Instrução Normativa nº 79, atuando em projetos em parceria com o setor privado, como o estudo de inovações tecnológicas em frigorífico de suínos para redução de contaminação microbiana em matérias-primas de maior risco sanitário.

Foto: Jairo Backes

Figura 8.1. Subsidiada pela pesquisa, legislação de inspeção modernizou-se e ficou mais adequada aos riscos atuais.

Os benefícios desse novo modelo são amplos. Para o consumidor, ele proporciona maior segurança alimentar, reduzindo o risco de contaminação via consumo de carne suína. Para o Dipoa/Mapa, a otimização do trabalho das equipes permite uma alocação mais estratégica dos inspetores. Já para as agroindústrias, cooperativas e frigoríficos, a adoção de procedimentos baseados em risco resulta na maior qualificação das informações e na melhoria da matéria-prima, favorecendo toda a cadeia produtiva.

Com a implementação do sistema de inspeção baseado em risco, apoiado por um programa de autocontrole voltado aos principais riscos zoonóticos da carne suína, o Brasil fortalece sua posição no comércio global de proteínas animais, consolidando um modelo sanitário moderno, científico e alinhado às melhores práticas internacionais.

Contribuição da Embrapa Suínos e Aves ao PAN-BR Agro

Para enfrentar o problema da resistência aos ATM e atender ao objetivo do PAN-BR Agro relacionado ao fortalecimento e alinhamento da pesquisa científica, foi realizada, em novembro de 2018, uma oficina na Embrapa Suínos e Aves para definição de prioridades de pesquisa sobre resistência antimicrobiana na suinocultura e avicultura. O evento contou com a participação de representantes do Mapa, da Embrapa, do meio acadêmico, dos setores de avicultura de corte e postura, da suinocultura, da indústria de insumos veterinários e da alimentação animal. Ao final, os participantes identificaram as principais prioridades de pesquisa na área, além de práticas de manejo que devem ser incorporadas aos sistemas de produção animal.

Para a cadeia de suínos, os temas prioritários definidos foram os impactos econômicos das práticas agropecuárias que reduzem o uso de antimicrobianos e a influência dos sistemas de manejo de dejetos da produção animal na persistência e disseminação da resistência antimicrobiana no ambiente das granjas de suínos. Esses temas estão sendo abordados no projeto Estudos sobre o uso de antimicrobianos na suinocultura como subsídio para o Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos (PAN-BR Agro), desenvolvido em parceria com o Instituto Federal Catarinense (IFC) Campus Concórdia e a UFRGS.

No âmbito do projeto, foram conduzidos dois estudos iniciais para avaliar o impacto da retirada de ATM da ração e sua substituição por aditivos alimentares no desempenho zootécnico e nos indicadores sanitários das fases de creche, de crescimento e de terminação de suínos. Os resultados demonstraram que o uso profilático de ATM na ração pode ser reduzido sem prejuízo ao desempenho dos animais.

Além disso, verificou-se que fatores organizacionais da cadeia de produção, como o número de crechários de origem, e aspectos do manejo de leitões na fase de creche, como o peso de alojamento, impactam diretamente os custos com medicamentos nas fases de crescimento e terminação. Por fim, o projeto demonstrou que o uso de vacinas para prevenção de uma doença endêmica na suinocultura brasileira reduziu em aproximadamente 70% o consumo de ATM e os custos associados, sem comprometer os índices produtivos.

O segundo eixo do projeto tem apresentado resultados recentes que já indicam a presença da resistência antimicrobiana no ambiente das granjas, podendo atingir o solo, especialmente aquele fertilizado com dejetos suínos. Estudos mais aprofundados sobre o resistoma de amostras coletadas em granjas estão em fase de conclusão e, assim que finalizados, também serão disponibilizados ao PAN-BR Agro.

Também é digno de nota o papel da Embrapa Suínos e Aves nos grupos de trabalho (GTs) que oferecem suporte técnico-científico às ações do PAN-BR Agro. Destaca-se, por exemplo, sua participação no GT responsável pela elaboração dos documentos propostos na Força-Tarefa em Resistência Antimicrobiana (TFAMR) do Codex Alimentarius, bem como na delegação brasileira nesta Força-Tarefa. Atualmente, a Embrapa Suínos e Aves ocupa uma cadeira no Grupo de Trabalho em Resistência Antimicrobiana (AMRWG) da Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA), representando a América Latina e o setor de produção animal.

Avanços na segurança química da carne suína

A partir de 2010, com o início da divulgação dos relatórios do PNCRC, até 2025, os resultados têm mostrado violações esporádicas em amostras de músculo, fígado, rim e urina de suínos para algumas substâncias. Nesse contexto, a Embrapa Suínos e Aves, atenta aos relatórios divulgados, tem se engajado e contribuído com linhas de pesquisa relacionadas tanto a recomendações de melhor uso no sistema produtivo quanto ao desenvolvimento de metodologias analíticas de substâncias contempladas no PNCRC.

A ractopamina teve especial atenção na Embrapa Suínos e Aves já em 2009, quando esta molécula foi apontada como a 13ª tecnologia de maior impacto para a nutrição na cadeia suinícola. Por ser capaz de redirecionar os nutrientes, a ractopamina resulta em maior produção de músculo, menor teor de gordura na carcaça e melhor conversão alimentar. Embora o uso de ractopamina seja permitido no Brasil, é necessário seguir rigoroso programa de boas práticas para assegurar a obtenção de produto cárneo livre de resíduos, os quais são monitorados por meio do PNCRC (Brasil, 2019a).

Devido a problemas de contaminação cruzada, dúvidas e inseguranças surgiram no setor, motivo pelo qual a Embrapa Suínos e Aves foi acionada. Foram realizados projetos de pesquisa em colaboração com o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações), Instituto Catarinense de Sanidade Agropecuária (Icasa) e agroindústrias parceiras no período entre 2011 e 2019. Inicialmente, os trabalhos concentraram-se no desenvolvimento de metodologia para análise e quantificação da substância foco, considerando as matrizes fígado e músculo. Em estudos subsequentes, foram avaliadas as boas práticas de utilização da ractopamina no sistema produtivo. Os resultados demonstraram que os casos avaliados atenderam às regras de utilização da ractopamina, verificando-se 100% de conformidade.

Em estudo paralelo, foi avaliado se existe a possibilidade de contaminação vertical não intencional de ractopamina na farinha de carne e ossos (FCO), produto utilizado na ração de suínos. O estudo envolveu o desenvolvimento de metodologia analítica para quantificação de ractopamina em FCO e subsequente avaliação de farinhas produzidas com resíduos de animais que consumiram a molécula para assim obter um panorama geral da presença da ractopamina em FCO.

Os resultados indicaram a presença de ractopamina em FCO, levando a discussão sobre os riscos relacionados. A seguir, foram conduzidos experimentos envolvendo a criação de suínos alimentados com ração contendo FCO (positivas para ractopamina) em sua composição, sendo analisadas amostras de diferentes tecidos. Os resultados levaram à conclusão de que a FCO é segura para utilização na alimentação de suínos quanto aos resíduos de ractopamina para aqueles mercados que permitem sua utilização. No entanto, para mercados que não aceitam o uso de ractopamina como critério de segurança, essas farinhas não devem ser adicionadas à dieta dos animais. Esta linha de pesquisa é demanda contínua do setor produtivo e representa importante contribuição ao gerar subsídios técnicos para discussões relacionadas a barreiras comerciais.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 79, de 14 de dezembro de 2018. Ficam aprovados os procedimentos de inspeção ante e post mortem de suínos com base em risco na forma desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 241, p. 4-7, 17 dez. 2018a. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55444279/do1-2018-12-17-instrucao-normativa-n-79-de-14-de-dezembro-de-2018-55444116. Acesso em: 30 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 60, de 20 de dezembro de 2018. Fica estabelecido o controle microbiológico em carcaça de suínos e em carcaça e carne de bovinos em abatedouros frigoríficos, registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), com objetivo de avaliar a higiene do processo e reduzir a prevalência de agentes patogênicos, na forma desta Instrução Normativa e dos seus Anexos. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 246, p. 4, 24 dez. 2018b. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56641896. Acesso em: 30 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1304, de 7 de agosto de 2018. Altera a Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995. **Diário Oficial da União**: seção: 1, n. 162, p. 10, 22 ago. 2018c. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-1-304-de-7-de-agosto-de-2018-37784856. Acesso em: 30 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual instrutivo do plano nacional de controle de resíduos e contaminantes** – PNCRC. Brasília, DF: MAPA, 2019a. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos- animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/ ManualPNCRCFinalDiagramado.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Plano de ação nacional de prevenção e controle da resistência aos antimicrobianos no âmbito da saúde única**: 2018-2022: PAN-BR. Brasília: Ministério da Saúde, 2019b. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_prevencao_resistencia_antimicrobianos.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

DRUG-resistant infections: a threat to our economic future. Washington, DC: World Bank Group, 2017. Disponível em: https://www.worldbank.org/en/topic/health/publication/drug-resistant-infections-a-threat-to-our-economic-future. Acesso em: 28 abr. 2025.

FOODBORNE antimicrobial resistance: compendium of codex standards. Rome: FAO: WHO, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.4060/cb8554en. Acesso em: 28 abr. 2025.

CAPÍTULO 9

Sistemas de produção: sustentabilidade e desempenho tecnológico

Armando Lopes do Amaral, Paulo Armando Victória de Oliveira e
Osmar Antônio Dalla Costa

Unidade desenvolve tecnologias para manejo e bem-estar animal | 1975–2010

O manejo da produção é a arte de incorporar metodologias, processos, produtos e tecnologias ao processo produtivo visando obtenção de índices otimizados de ganhos. Nos seus primeiros 35 anos de história, a Embrapa Suínos e Aves, embora com uma equipe pequena de pesquisadores focados nesta área, contribuiu para o fornecimento de algumas soluções tecnológicas para o sistema de produção de suínos. A primeira grande contribuição da Unidade, a partir de 1976, foi identificar e caracterizar os sistemas de produção predominantes nos principais estados produtores no final dos anos 1970 (Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais). Com base neste primeiro estudo, a Embrapa elaborou sistemas melhorados de produção, os chamados "pacotes tecnológicos de produção de suínos", disponibilizados para a cadeia produtiva no início dos anos 1980.

Outra contribuição importante na época foi o aprimoramento do sistema confinado de criação de suínos. A Embrapa estudou principalmente a adequabilidade das instalações usadas no país. Na análise de quatro diferentes modelos de instalações de suínos na região Sul do Brasil, relacionados ao comportamento da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, com observações em épocas quente e fria, foi recomendado que os modelos bilaterais fechados fosse utilizados preferencialmente para as fases de maternidade e creche, devido às facilidades de manejo que as instalações sugeridas ofereciam em relação às flutuações ambientais.

A Embrapa demonstrou também, nos anos 1990, que a melhoria do acondicionamento ambiental, por processos mecânicos (ventilação) na maternidade, tornou-se uma necessidade crescente entre os suinocultores que implantaram edifícios com alto grau de fechamento. Estudando o ambiente da maternidade de suínos, a Embrapa observou que o volume de ar renovado era insuficiente para a retirada da carga térmica incidente sobre a fêmea e a leitegada. No manejo durante a fase de aleitamento, a Unidade se destacou na identificação de técnicas de desmame mais apuradas. Dessa forma, a Embrapa teve papel decisivo para a diminuição no período de desmame, no intervalo entre partos e no número de partos por porca ao ano.

Além disso, a Embrapa auxiliou na implantação de sistemas mais eficazes de aquecimento de leitões (escamoteador com lâmpada infravermelha), estudou dois métodos mais eficazes de castração de leitões jovens (escrotal e inguinal), sugeriu o uso de estruturas de cimento pré-moldadas na construção de instalações e projetou um silo secador para diminuir o desperdício de grãos

nas propriedades. Outras contribuições de destaque entre 1975 e 2010 foram estudos sobre bebedouros para suínos, técnicas de manejo para o controle de moscas e borrachudos, desenvolvimento do sistema de criação de suínos ao ar livre, estudos de sistema de criação de suínos em leito de cama e a construção das instalações em salas nas fases de maternidade, creche, crescimento e terminação.

Bem-estar animal na suinocultura

A demanda por uma produção que levasse em conta aspectos ligados ao bem-estar animal tornou-se preponderante a partir dos anos 2000. O mercado passou a exigir boas práticas de produção e a pesquisa foi demandada pela cadeia produtiva de suínos a estabelecer orientações técnicas que atendessem aos aspectos de bem-estar dos animais. A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu práticas e processos agropecuários que melhoraram o manejo pré-abate em parceria com outras instituições públicas, empresas privadas e uma universidade canadense. Observou-se que esta etapa tinha um papel fundamental no bem-estar e na qualidade da carne das carcaças. A Embrapa mostrou que o tempo de jejum dos suínos, o sistema de embarque e transporte, o período de descanso no frigorífico e o método de atordoamento dos animais causava prejuízos a produtores e indústria quando manejados de forma equivocada.

"Pesquisas da Embrapa foram importantes para o aprimoramento de instalações para suínos e no desenvolvimento de um sistema de **bem-estar** animal."

A Embrapa preocupou-se ainda com o jejum pré-abate. Essa prática facilitou o processo de abate, diminuiu o volume de dejetos nos frigoríficos e a contaminação de carcaças, além de auxiliar na uniformização da qualidade das carcaças. Os esforços da Embrapa a respeito do transporte dos suínos das propriedades rurais aos frigoríficos indicaram ainda parâmetros e variáveis de conforto animal e meios (como rampas) para facilitar o embarque dos animais em carrocerias apropriadas para esse fim.

Sistemas de produção: sustentabilidade e desempenho tecnológico

O tema manejo e sistemas de produção evoluiu bastante nos últimos 15 anos, especialmente devido a fatores como o aumento da demanda por alimentos, automação crescente nas instalações de suínos e aves e a conscientização sobre as mudanças climáticas, preservação ambiental e sanidade animal. Entre os pontos principais dessa evolução está a adoção de novas tecnologias, o que significou avanços em direção à agricultura de precisão. Progressos nesta direção permitiram melhor gestão dos recursos, como água, nutrientes e defensivos, aumentando a produtividade e reduzindo custos. Ainda nesse ponto, o uso de big data e inteligência artificial (IA) na análise e previsão de comportamentos agronômicos e climáticos se intensificou. Dessa forma, o planejamento e a tomada de decisão nos sistemas de produção foram otimizados, tornando-os mais eficientes e sustentáveis.

Quando o assunto é sistemas de produção sustentáveis, três aspectos despontam, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), agroecologia e agricultura regenerativa. O ILPF, sistema que integra a produção agrícola, a pecuária e a floresta em uma mesma área, tem ganhado destaque, permitindo uma utilização mais eficiente do solo e maior sustentabilidade. A ILPF é um exemplo de como as práticas de manejo podem evoluir para promover a sustentabilidade a longo prazo. Já a agroecologia desponta pela busca por práticas mais ecológicas e integradas ao meio ambiente. Ela se baseia em princípios como a biodiversidade

e a interação entre os diferentes componentes do ecossistema e se expandiu nos últimos anos, oferecendo alternativas ao uso intensivo de insumos químicos. A agricultura regenerativa é outro movimento que tem se intensificado nos últimos anos. Ela foca em melhorar a saúde do solo e restaurar ecossistemas por meio de práticas como o uso de cultivos de cobertura, compostagem e rotação de culturas.

A gestão de recursos naturais também influenciou em questões de sistema e manejo, pois o uso racional da água e a conservação do solo permeiam muitas iniciativas. O manejo da água se tornou um tema central, com técnicas para reduzir o desperdício, como o uso de sistemas de irrigação mais eficientes (ex.: irrigação por gotejamento) e a gestão de bacias hidrográficas para garantir o abastecimento sustentável. Já o manejo sustentável do solo também se intensificou, com o aumento do uso de práticas como o plantio direto (sem aração) e a rotação de culturas, que ajudam a manter a saúde do solo, reduzir a erosão e melhorar a produtividade ao longo do tempo.

O impacto das mudanças climáticas na agricultura se tornou um tema de grande relevância. O desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes, capazes de lidar com variações climáticas, é uma área que recebeu forte atenção. Isso inclui práticas como a escolha de cultivares mais resistentes e a diversificação de culturas. Ainda nesse aspecto, muito se busca em termos de redução da pegada de carbono, ou seja, a redução das emissões de gases de efeito estufa gerados pelos sistemas de produção. Práticas como o uso de biofertilizantes, a redução do uso de fertilizantes químicos e o melhor manejo de resíduos orgânicos são algumas das estratégias adotadas.

A demanda por produtos mais sustentáveis tem levado a um crescimento significativo das certificações ambientais (como o selo de produção orgânica ou certificação de carbono neutro) e práticas de rastreabilidade nos sistemas de produção. Consumidores e empresas exigem mais transparência e responsabilidade social e ambiental. Isso também impacta em mercados sustentáveis, conceito que evoluiu com o aumento da demanda por produtos que atendam a critérios ambientais e sociais, como os alimentos produzidos sem o uso de pesticidas ou com menor impacto ambiental. A integração vertical e a integração horizontal em sistemas de produção têm se intensificado, buscando maior eficiência no uso de recursos, otimização dos processos produtivos e redução de desperdícios. A colaboração entre agricultores, empresas de tecnologia e grandes corporações tem levado à criação de cadeias produtivas mais curtas e eficientes, com mais controle sobre a qualidade e a sustentabilidade.

No setor agroindustrial, tem-se adotado novas tecnologias para processamento e preservação de alimentos, com um foco maior na redução de desperdícios e na agregação de valor aos produtos. A biotecnologia e a nanotec-

nologia também têm sido exploradas para melhorar a conservação de alimentos e aumentar a durabilidade. Além disso, é crescente na suinocultura e avicultura a instalação de equipamentos para automação de tarefas como a distribuição de ração e controle de parâmetros das instalações (como ventilação e temperatura), tornando o manejo diário das granjas menos desafiador para os produtores. Esses são apenas alguns dos aspectos que marcaram a evolução dos sistemas de produção e manejo nos últimos 15 anos. Essa evolução está fortemente ligada à necessidade de aumentar a produtividade sem comprometer a sustentabilidade.

Pesquisas partem de fluxos e gestão da produção

A gestão de dados na suinocultura moderna é um elemento crucial para o sucesso operacional e estratégico de uma granja. O uso de tecnologias avançadas, como os softwares de gestão integrados, oferece ferramentas que tornam possível o acompanhamento e a análise detalhada de diversos indicadores de desempenho e financeiro. Isso aumenta a eficiência e a capacidade de tomar decisões baseadas em informações geradas pelos dados da própria granja e/ou com as demais. Essas inovações, associadas às instalações e manejo, refletiram em um salto em termos de produtividade, sustentabilidade e bem-estar animal, promovendo uma suinocultura moderna e adaptada às demandas atuais do mercado e da sociedade. Uma das contribuições nesta área é a disponibilização de dados de custo de produção, que orienta produtores, cooperativas e agroindústrias.

Ainda na questão da gestão, a Embrapa atuou em parceria com a Coopercentral Aurora em um projeto de sistema de produção de leitões baseado em planejamento, gestão e padrões operacionais, conhecido como Projeto Leitão Ideal. A forma de conduzir uma granja de suínos pode parecer complexa, mas na verdade é apenas a sistematização de experiências práticas observadas, o que foi evidenciado durante a execução do projeto. O programa foi implantado de forma piloto em 12 produtores de leitão da Aurora, sendo oito em Santa Catarina e quatro no Rio Grande do Sul, no decorrer de 2011.

O fechamento do primeiro ciclo de produção mostrou que todos os produtores envolvidos conseguiram atingir ou superar a produtividade mínima de 24 leitões/porca/ano. A diferença entre a produtividade anterior ao projeto e a registrada ao final do primeiro semestre de 2011 proporcionou um acréscimo de R$ 240 mil na renda dos 12 produtores envolvidos. O Projeto Leitão Ideal, que atuou na mudança de atitude para a gestão da granja, mostrou que ajustes no planejamento, gestão e manejo podem trazer a rentabilidade que o produtor espera. Ainda nessa área, a Embrapa Suínos e Aves investiu, também com a Coopercentral Aurora, no Projeto Frango Ideal.

Fluxo de produção de suínos em sistema de lotes

Em gestão e sistemas de produção, a Embrapa Suínos e Aves tem atuado e recomendado a produção de suínos em lotes, com instalações organizadas em salas por fase de produção. Esse sistema permite realizar o manejo "todos dentro, todos fora", garantindo um período de vazio sanitário entre os lotes. A prática contribui para a biossegurança e facilita a criação de animais da mesma idade dentro de cada sala, nas fases de maternidade, creche e crescimento e terminação, promovendo um ambiente mais saudável e homogêneo.

O manejo mais recomendado na produção de suínos consiste em um intervalo entre os lotes de parição das porcas de 21 dias e uma idade de desmame programada de 28 dias. Essa prática é amplamente reconhecida e adotada para a manutenção da saúde e do desempenho dos animais, tanto em sistemas de produção de pequena quanto de grande escala. Assim, a prática é considerada essencial para assegurar a saúde, a produtividade e a sustentabilidade econômica da produção de suínos em qualquer escala.

Produção de suínos em família é uma boa alternativa

Esse modelo produtivo proposto pela Embrapa Suínos e Aves demonstrou que é possível criar suínos de forma eficiente sem o uso preventivo de antimicrobianos, um avanço importante para a produção sustentável e para a redução da resistência antimicrobiana (mais informações no Capítulo 8). O fato de os resultados serem comparáveis aos da suinocultura industrializada reforça a viabilidade da abordagem, podendo representar uma alternativa para pequenos e médios produtores, além de atender a demandas de mercados que valorizam a produção sem antibióticos. É também uma prática que melhora o bem-estar animal.

Limpeza, desinfecção e vazio sanitário na suinocultura

Práticas para diminuir contaminações do ambiente e manter a produção eficiente e minimizar os riscos sanitários se transformaram em recomendações que a Embrapa organizou de maneira prática, por meio de vídeos, publicações e palestras. A base do trabalho é difundir informações sobre limpeza, desinfecção e o vazio sanitário das instalações, que são medidas extremamente importantes em uma granja de suínos e possuem papéis complementares no manejo sanitário.

A limpeza e desinfecção são essenciais para reduzir a carga microbiana no ambiente, incluindo vírus, bactérias e parasitas. Se feitas corretamente, com remoção de resíduos, dejetos e restos de alimentos, previnem a transmissão

de doenças entre lotes de suínos. A lavagem com alta pressão remove sujeiras incrustadas nas instalações e equipamentos. A aplicação de detergente, durante a lavagem, dissolve a matéria orgânica residual. A desinfecção, com o uso de produtos químicos específicos, elimina os agentes patogênicos presente nas instalações.

Já o vazio sanitário preconizado pela Embrapa com grande ênfase nos últimos 15 anos consiste em deixar o ambiente sem animais por um período de tempo (geralmente entre 7 e 14 dias). Durante esse intervalo, os microrganismos sobreviventes, especialmente aqueles dependentes de hospedeiros, têm menos chances de persistir. Reduzir ao mínimo a pressão de infecção antes da entrada de um novo lote de suínos tem sido outra recomendação da Embrapa Suínos e Aves. Para que o vazio sanitário seja eficaz, ele deve ser combinado com uma boa limpeza e desinfecção prévia. Caso contrário, patógenos podem permanecer no ambiente. Um não funciona bem sem o outro. A limpeza e desinfecção removem a maior parte dos agentes patogênicos, enquanto o vazio sanitário complementa o processo, eliminando os remanescentes que não foram eliminados pelos desinfetantes ou que sobrevivem em locais inacessíveis.

Manejo da biosseguridade na produção de suínos

A biosseguridade, tanto externa quanto interna, é fundamental para proteger a saúde humana, animal e ambiental contra a introdução e disseminação de agentes biológicos nocivos, como vírus, bactérias e pragas. A adoção de medidas rigorosas de controle sanitário contribui para a prevenção de doenças, garantindo a sustentabilidade e a eficiência da produção suinícola. A Embrapa Suínos e Aves, atenta a essas tendências, elaborou um trabalho abordando aspectos relevantes de biosseguridade para as granjas que produzem suínos para abate. O objetivo foi subsidiar uma regulamentação oficial e servir como suporte para empresas e produtores interessados em melhorar a qualidade sanitária de seus plantéis.

Nesse item, a Unidade também vem trabalhando no desenvolvimento de um software que fará a avaliação de padrões de biosseguridade em granjas produtoras de suínos, utilizando um modelo de multicritério. O projeto está sendo desenvolvido pela equipe de especialistas da Embrapa e, por meio de cooperação técnica, testado a campo em granjas no estado do Paraná. Fazem parte da cooperação a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar) e a Cooperativa Frimesa.

O estudo da Embrapa Suínos e Aves sobre a avaliação da biosseguridade de granjas comerciais de suínos em Santa Catarina trouxe uma importante contribuição para o setor, que foi o desenvolvimento do Índice de Adequação às Condições Mínimas de Biossegurança (IAB). Esse índice permite quantificar o nível de biossegurança externa das granjas, fornecendo uma ferramenta objetiva

para avaliar riscos e planejar melhorias. Os resultados mostraram que 33% das granjas apresentaram baixo IAB, indicando necessidade de aprimoramentos, enquanto 67% foram classificadas como médio ou alto IAB, demonstrando um bom nível de biossegurança externa.

Esse índice pode ser usado para monitorar a biossegurança das granjas e embasar a criação de planos de intervenção, ajudando a fortalecer a proteção sanitária do setor suinícola. A adoção de ferramentas como o IAB é importante para prevenir surtos de doenças e garantir a sustentabilidade da produção suinícola, especialmente em um estado como Santa Catarina, que é um dos principais produtores de suínos do Brasil.

Cuidados essenciais com os leitões recém-nascidos

O manejo no parto é importante para garantir que o leitão recém-nascido se mantenha aquecido e com força para acessar o aparelho mamário da porca, conseguindo, assim, ingerir o colostro em quantidade suficiente para obter proteção frente a diversos desafios patogênicos. O manejo do colostro tem adquirido nos últimos anos bastante relevância à medida em que as matrizes apresentaram incremento significativo na prolificidade. A elevação no número de nascidos acarretou maior competição pelas tetas, ocasionando ingestão desigual de colostro pelos leitões e ampliando a proporção de animais não protegidos nas fases de creche e recria. A Embrapa Suínos e Aves realizou um estudo demonstrando que as células intestinais são responsáveis pela absorção e apresentavam vacúolos abertos nos leitões alimentados com sucedâneo, demonstrando que não houve endocitose de macromoléculas. Além disso, esses animais apresentaram mortalidade no período de maternidade acima de 60%, em comparação com os irmãos de leitegada (Maciag et al., 2022).

Dentre todos os manejos necessários para garantir o bom desenvolvimento do leitão, um dos mais importantes é a orientação na primeira mamada. Este manejo é necessário, principalmente, nos casos onde os leitões de baixo peso têm dificuldade de acessar a glândula mamária e encontrar o teto. Então, o produtor deve interferir e auxiliar manualmente esses leitões. Com a demora em mamar, o leitão redireciona a energia do corpo para o aquecimento, perdendo o pouco de gordura que tem para se aquecer.

O trabalho da Embrapa mostrou a importância do colostro para o leitão recém-nascido, onde leitões que permaneceram com as leitoas tiveram um desenvolvimento imunológico inferior aos mantidos com as porcas nas primeiras 24 horas de vida. Os leitões alimentados com o colostro da porca apresentaram maiores concentrações de imuglobulinas séricas e citocinas pró-inflamatórias/

anti-inflamatórias, que auxiliam na maturação imunológica do leitão. A pesquisa trabalhou também na avaliação da qualidade do colostro com o refratômetro de Brix. De acordo com que apurou a Embrapa, o melhor entendimento do refratômetro possibilita o desenvolvimento de estratégias para melhorar a qualidade de colostro das matrizes, contribuindo assim para a redução de falhas na transferência de imunidade passiva.

Automação e o uso de robôs na produção de suínos

A suinocultura 5.0 tem exigido esforços multidisciplinares para alcançar bons índices produtivos e econômicos. Isto está sendo possível com o uso de tecnologias de ponta, como automação das atividades e da coleta de dados nas atividades diárias das granjas. Estas tecnologias, associadas à zootecnia de precisão, têm permitido o desenvolvimento de sistemas especializados para coleta de dados e gerado informações para tomada de decisão.

Com a automação dos sistemas de tomada decisão, é possível estabelecer e manter microclimas específicos para cada categoria de animais, dos reprodutores (machos e fêmeas) e leitões em lactação na creche até os suínos nas fases de crescimento e terminação, atingindo dessa forma melhoras significativas nos índices produtivos e bem-estar dos animais e manejadores sem o aumento dos custos de produção. Com a utilização de sensores e de câmeras de monitoramento, é viável monitorar remotamente a temperatura e a umidade relativa das instalações, a qualidade do ar, o consumo e a temperatura de água e o comportamento dos suínos.

Com o uso de robôs no fornecimento de ração aos suínos (Figura 9.1), foi possível melhorar a conversão alimentar do rebanho com o fornecimento de ração controlada e programada, podendo-se otimizar o fornecimento de ração aos suínos, garantido quantidade adequada para cada animal dentro da fase de criação, evitando o desperdício de ração e melhorando a conversão alimentar. A saúde do suíno pode ser monitorada diariamente com instalação de sensores que possam estabelecer as prevalências de tosses e espirros, com monitoramento on-line da saúde dos suínos. Assim, é possível realizar intervenções mais rápidas no caso de doença, reduzindo o uso de antibióticos na produção.

Sistemas automatizados de coleta de dados permitem aos gestores obter informações on-line dos índices de produtividade, dos sistemas de tratamento dos dejetos, da produção de energia e do uso otimizado desta energia nas instalações, contribuindo para sustentabilidade da cadeia produtiva de suínos. A limpeza diária das instalações requer uma dedicação dos manejadores, podendo ser substituídos por robôs autônomos para limpeza e higienização das instalações, reduzindo os

Foto: Lucas Scherer

Figura 9.1. Robô distribui a ração aos suínos de forma automática.

esforços físico e a carga de trabalho dos funcionários, melhorando as condições de trabalho, o bem-estar e as condições sanitárias dos suínos.

A automação com o uso da robotização da suinocultura é um dos grandes desafios dos próximos anos, mantendo os mesmos índices de produtividade e custos de produção. Em 2022, a Embrapa Suínos e Aves, a C3 Equipamentos para Construção Civil Ltda (Roboagro) e a Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copérdia) firmaram um termo de cooperação técnica com os objetivos de promover a robotização dos sistemas de fornecimento de ração aos suínos nas fases de crescimento e terminação, com o fornecimento de ração à vontade controlada. Com a realização desta parceria, foi possível mostrar os benefícios do fornecimento de ração por meio de um sistema robotizado, melhorando a conversão alimentar, proporcionando economia de ração e reduzindo a produção de dejetos. Como resultado final, a inovação garantiu incremento na rentabilidade das granjas testadas.

Os benefícios da automação dos sistemas de produção de suínos com a utilização de robôs têm contribuído significativamente na eficiência operacional, reduzindo o tempo e o esforço físico para a realização das atividades manuais. Também aumentaram a precisão no fornecimento de ração, ampliaram cuidados com a saúde dos animais, proporcionaram melhorias nas coletas dos dados e influenciaram positivamente o bem-estar dos suínos e dos manejadores.

Efeito da climatização no desempenho zootécnico

O maior desafio da suinocultura brasileira, atualmente, é adequar a ambiência interna das instalações frente às variações climáticas exteriores, existentes nas diferentes regiões produtoras, as quais possuem grande influência no desempenho produtivo dos animais. As exigências de mercado no cenário internacional demandam que a produção animal deva estar baseada em bem-estar dos animais, proteção ao meio ambiente, mitigação das emissões de gases e na legislação ambiental.

Em sistemas de produção de suínos, grande parte das edificações permanece aberta na maior parte do dia, com a renovação do ar no interior das instalações dependente de condições naturais de ventilação (com velocidade do vento não constante ou nula na maior parte do tempo), gerando um ambiente interno inadequado à produção dos animais. Na fase de crescimento e terminação, é de fundamental importância que as condições de ambiência interna das edificações proporcionem aos animais conforto térmico, para que os nutrientes ingeridos sejam utilizados corretamente para o crescimento e não para os mecanismos termorregulatórios.

A Embrapa, em parceria com a Munters Brasil, empresa instalada no estado do Paraná, desenvolveu um trabalho de comparação dos efeitos de dois sistemas

de produção, sendo um climatizado e outro não climatizado com ventilação natural, sobre o desempenho zootécnico de suínos nas fases de crescimento e terminação e nas emissões de dióxido de carbono (CO_2) e amônia (NH_3). O experimento foi desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves. Pelos resultados obtidos, é perceptível que existe tendência de que animais criados em salas com a ambiência controlada apresentam melhores índices de desempenho zootécnico, quando comparado com salas não climatizadas. Os resultados obtidos neste experimento demonstraram que a climatização tem efeito direto sobre o peso corporal dos suínos, no crescimento e terminação. A climatização tem ainda efeito direto sobre a concentração de gases, ajustando a renovação do ar ao crescimento metabólico dos animais.

Gestão eficiente da água na produção de suínos

A suinocultura brasileira tem sofrido alterações drásticas desde a década de 1970 até os dias atuais. Sistemas familiares têm sido substituídos por sistemas de produção de animais confinados, com o uso intensivo de tecnologias e equipamentos. A produção de suínos tem gerado manifestações e conflitos no uso da água. O elevado consumo de água tem forte impacto ambiental, quer pelo seu gasto enquanto recurso natural, quer pela intensidade do impacto que resulta da produção de dejetos na cadeia de produção de suínos, com especial destaque para a fase de crescimento-terminação. A água é utilizada na suinocultura para consumo animal e atividades de limpeza, sendo um bem essencial na nutrição, saúde e bem-estar dos suínos. O aumento da densidade animal nos sistemas intensivos gera uma maior pressão na sua utilização e gestão.

O consumo de água pelos suínos depende de vários fatores, como, idade, saúde, peso vivo, fase fisiológica, tipo de dieta, condições climáticas e dos bebedouros para dessedentação e do tipo de comedouro usado para a alimentação. Conhecer o consumo de água dos animais, a partir do tipo de bebedouro instalado nas unidades de produção, é essencial para o sucesso da gestão e do manejo diário do produtor. A implantação do conceito de gestão e uso eficiente da água na produção de suínos, com a instalação de bebedouros eficientes e introdução de melhores práticas de manejo, no programa de limpeza e desinfecção, contribui significativamente para a redução do desperdício de água e do volume total de dejetos produzidos nos sistemas de produção de animais confinados.

O conhecimento do consumo de água e do volume de dejetos produzido nas diferentes fases fisiológicas dos animais é fundamental para o planejamento e definição do sistema de manejo, tratamento e gestão dos efluentes gerados nas granjas de produção. O desperdício de água pelo manejo inadequado dos bebe-

douros e uso excessivo de água nas atividades diárias de limpeza, nos sistemas de produção, tem elevada influência tanto na quantidade como na qualidade dos dejetos produzidos.

A Embrapa desenvolveu – de 2010 a 2016, em cooperação com a Associação das Indústrias de Carnes e Derivados do Estado de Santa Catarina (Aincadesc), o Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados do Estado de Santa Catarina (Sindicarne/SC), o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA-UFSC), a empresa BRF e o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) – um projeto de pesquisa para determinar o consumo de água, o volume de dejetos produzidos e a caracterização dos parâmetros físico-químicos dos dejetos líquidos produzidos pelos suínos nas diferentes fases produtivas. Os resultados do trabalho realizada pela Embrapa são amplamente utilizados nos projetos para o licenciamento ambiental da suinocultura em Santa Catarina desde a sua publicação (este assunto é tratado com mais detalhes no capítulo 15, sobre Meio Ambiente).

Referências

MACIAG, S. S.; BELLAVER, F. A. V.; BOMBASSARO, G. E.; HAACH, V.; MORES, M. A. Z.; BARON, L. F.; COLDEBELLA, A.; BASTOS, A. P. A. On the influence of the source of porcine colostrum in the development of early immune ontogeny in piglets. **Scientific Reports**, v. 12, n.15630, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-20082-1.

Literatura recomendada

AMARAL, A. L. do; MORÉS, N. Planejamento da produção de suínos em lotes com vazio sanitário. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 36, p. s143-s154, 2008. Suplemento.

AMARAL, A. L. do; MORÉS, N. Planejamento da produção de suínos em lotes com vazio sanitário. **Feed & Food**, Sorocaba, ano 4, n. 40, p. 64-66, jul. 2010.

BASTOS, A. P. A.; BOMBASSARO, G. E.; MACIAG, S. S. **A importância do colostro para o leitão recém-nascido**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 32 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 64).

BASTOS, A. P. A.; BOMBASSARO, G. E.; MACIAG, S. S. **Refratômetro de brix**: avaliação do colostro suíno. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 2 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Suinocultor, 24).

BELLAVER, C.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. **Revista Avicultura Industrial**, v. 10, p. 39-44, 2009.

DALLA COSTA, O. A.; AMARAL, A. L. do; COLDEBELLA, A.; HOLDEFER, A.; LORENZETTI, A.; MOLIN, G. **Alimentação de suínos em crescimento e terminação por equipamento automático (robô)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022, 7 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 593).

DALLA COSTA, O. A.; AMARAL, A. L. do; COLDEBELLA, A.; HOLDEFER, A. C.; MOLIN, G. **Sistemas de fornecimento de ração para suínos em crescimento e terminação e os índices de produtividade**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024, 5 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 626).

DALLA COSTA, O. A.; AMARAL, A. L. do; COLDEBELLA, A.; MOLIN, G.; BERTI, F.; PASCHOALLOTO, M. **Efeito da alimentação à vontade ou controlada nas fases de crescimento e terminação de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024, 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 614).

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis**: treinamentos 2002 - Santa Catarina. Concórdia: Embrapa Suinos e Aves, 2002. 112 p.

HASSOUNA, M.; EGLIN, T. (ed.). **Mesurer les émissions gazeuses en élevage**: gaz à effet de serre, ammoniac et axydes d'azote. Paris: INRA: ADEME France, 2015. 314 p.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1983. 32 p. (EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, 6).

MORES, N.; CARON, L.; COLDEBELLA, A.; BORDIN, L. C. **Biosseguridade mínima para granjas de suínos que produzem animais para abate**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 38 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 185).

OLIVEIRA, P. A. V. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis integral**. 1999. 264 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, L'ENSAR) - Université de Rennes, Rennes.

OLIVEIRA, P. A. V. de (coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. V. de (coord.). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Modelo matemático para estimar a evaporação d'água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Engenharia Agrícola**, v. 23, p. 398-406, 2003.

OLIVEIRA, P. A. V. de; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; TAVARES, J. M. R.; ROBIN, P. Modélisation du volume et de la composition du lisier des porcelets en post-sevrage au Brésil. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 49., Paris, 2017. **Actes**... Paris: IFIP: INRAE, 2017. p. 251-256.

OLIVEIRA, P. A. V. de; BELLI FILHO, P.; TURMINA, L.; COLDEBELLA, A.; TAVARES, J. M. R. Modélisation du volume et de la composition du lisier des porcs à l'engraissement. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 47., Paris, 2015. **Actes**... Paris: IFIP: INRAE, 2015. p. 153-158.

OLIVEIRA, P. A. V. de; COLDEBELLA, A.; MARCANZONI, V. C. B. O uso da climatização melhora a conversão alimentar e o ganho de peso dos suínos, nas fases de crescimento e terminação. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 12., 2024, Foz do Iguaçu. **Anais**.... Foz do Iguaçu: PorkExpo Latam, 2024.

OLIVEIRA, P. A. V. de; COLDEBELLA, A.; TAVARES, J. M. R.; ROBIN, P. Modélisation du volume de lisier des truies en maternité et gestation au Brésil. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 52., Paris, 2020. **Actes**... Paris: IFIP: INRAE, 2020. p. 325-330.

PEDERSEN, S.; SÄLLVIK, K. (ed.). **4th report of working group on climatization of animal houses heat and moisture production at animal and house levels**. Horsens: Research Centre Bygholm; Danish Institute of Agricultural Sciences, 2002. 46 p. Disponível em: https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/CIGR_4TH_WORK_GR.pdf. Acesso em: 30 abr. 2025.

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2017**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018.

PLANEJAMENTO da produção de suínos em lotes com vazio sanitário. Autor: Armando L. do Amaral. Editor: Lucas S. Cardoso. Videocast sobre planejamento da produção de suínos em lotes com vazio sanitário. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016.

QUINIOU, N.; CADERO, A.; MARCOM, M; BROSSARD, L. Simuler avec le modèle bioclimatique thermipig les performance des porc en croissance en tenant compte des conditions climatiques et des caractéristiques de la salle d'engraissement. In: JOURNEÉS RECHERCHE PORCINE, 53., 2021, Paris. **Actes**... Paris: IFIP: INRAE, 2021. p. 89-94.

ROBIN, P.; AMAND, G.; AUBERT, C.; BABELA, N.; BRACHET, A.; BECKMANS, D.; BURTON, C.; CANART, B.; CELLIER, P.; DOLLÉ, J. B.; DONG, H. M.; DURIF, M.; EHRLACHER, A.; EREN ÖZCAN, S.; ESPAGNOL, S.; GAUTIER, S.; GUINGAND, N.; GUINZIOU, F.; HARTUNG, E.; HASSOUANA, M.; LANDRAIN, P.; LEE, I. B.; LELEU, C.; LI, Y. S.; LIAO, X. D.; LOUBET, B.; LOYON, L.; LUTH; NICKS, B.; OLIVEIRA, P. A. V. de; PONCHANT, P.; POWERS, W.; RAMONET, Y.; SOMMER, S. G.; THIARD, J.; WANG, K. Y.; XIN, H.; YOUSSEF, A. Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and stores of animal manure. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMISSIONS OF GAS AND DUST FROM LIVESTOCK, 2012, Saint-Malo. **Proceedings**... Saint-Brieuc: INRA; Le Rheu: IFIP-Institut du Porc, 2013.

ROBIN, P.; OLIVEIRA, P. A. V. de; KERMARREC, C. Productions d'ammoniac, de protoxyde d'azote et d'eau par différentes litières de porcs durant la phase de croissance. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 31., Paris, 1999. **Actes**... Paris: IFIP: INRAE, 1999. p. 111-115.

TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012. 230 F. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TAVARES, J. M. R. **Modelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura**. 2016. 229 f. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms. **Livestock Science**, v. 169, p. 146–154, 2014. DOI: 10.1016/S1871-1413(14)00512-5.

TAVARES, J. M. R.; OLIVEIRA, P. A. V. de; BELLI FILHO, P. Sustentabilidade da suinocultura: reduções de consumo de água e de dejetos na produção animal. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., 2012, Belo Horizonte, MG. **Anais**... Belo Horizonte: ABES, 2012.

TAVARES, J. M. R.; SILVA, D.; COLDEBELLA, A.; BELLI FILHO, P. B.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Modelos não lineares para estimação do consumo de água e produção de dejeto em granjas comerciais de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 45., 2016, Florianópolis. **Anais**... Florianópolis: SBEA, 2016.

VILAS-BOAS, J.; AMARAL, A. L. do; MORES, N.; TREMÉA, S. L.; MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **Sistema de produção de leitões baseado em planejamento, gestão e padrões operacionais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. 114 p. (Embrapa Suínos e Aves. Sistemas de Produção, 4).

VILAS-BOAS, J.; OLIVEIRA, P. A. V. de; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; ZANUZZI, C. M. das S.; TREMEA, S. L.; PEIKAS, F.; SQUEZZATO, N. C.; ZIMMERMANN, L. A.; SANTOS, M. A.; AMARAL, N. do. **Gestão da água na suinocultura**. 2. ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 36 p. Cartilha.

WILBERT, C. A.; MORES, N.; KLEIN, C. H.; LIMA, G. J. M. M. de; BASSI, N. S. S. **Sistema de produção de suínos em família sem o uso coletivo de antimicrobianos**: regulamento. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 6 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 557).

CAPÍTULO 10

Contribuições para o melhoramento genético de aves

Mônica Corrêa Ledur, Jane de Oliveira Peixoto, Adriana Mércia Guaratini Ibelli, Maurício Egídio Cantão, Gilberto Silber Schmidt e Elsio Antonio Pereira de Figueiredo

Contribuições da Embrapa Suínos e Aves para o melhoramento genético | 1975–2010

A Embrapa Suínos e Aves iniciou, em 1982, um programa de melhoramento genético de aves completo, voltado à formação de pacotes comerciais que pudessem ser utilizados por empresas brasileiras para dar suporte ao lugar de destaque que o Brasil ocupava e ocupa no cenário mundial. Além do material genético propriamente dito, também foram treinadas pessoas e se produziram tecnologias de melhoramento, que deram suporte a programas de melhoramento conduzidos pelas empresas brasileiras. A finalidade principal era gerar um produto comercial que pudesse atender a cadeia do frango de corte sob qualquer eventualidade que ocorresse no processo de importação de pacotes tecnológicos.

Essa estratégia tinha como principal finalidade melhorar a eficiência produtiva e favorecer a exportação de carne de frango. A partir desse trabalho, foram geradas as linhas macho (LL) e fêmea (PP) que, cruzadas, eram responsáveis pela produção do frango de corte denominado na época de Embrapa. Em 1985, a Granja Guanabara, que detinha de 5 a 10% do mercado de aves para corte e postura, teve seu patrimônio físico e genético transferido para o Ministério da Agricultura, que o repassou a Embrapa. A partir de então, a Unidade recebeu a responsabilidade de dar continuidade ao programa de melhoramento da Granja Guanabara.

Como resultado dos projetos de pesquisa em melhoramento genético de aves, conduzidos desde 1982 até 2010, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu cinco pacotes genéticos destinados ao mercado brasileiro: (1) Embrapa 011, poedeira de ovos brancos; (2) Embrapa 021 e 022, duas versões do frango de corte; (3) Embrapa 031, poedeira de ovos castanhos; (4) Embrapa 041, frango de corte colonial; e, (5) Embrapa 051, poedeira colonial de ovos castanhos. Todos esses pacotes foram oferecidos a agroindústrias e produtores de todo o país e alguns deles alcançaram reconhecimento no mercado, como a poedeira colonial de ovos castanhos 051.

Pesquisas inovadoras na área de genômica de aves

A Embrapa Suínos e Aves, em conjunto com a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), iniciou estudos em genômica de aves no Brasil em 1999 com o objetivo de mapear *loci* que controlam características quantitativas (QTLs), como, por exemplo, as de interesse econômico para a avicultura. Posteriormente, os projetos na área de genômica levaram à formação da Rede de Genômica de Aves, que uniu esforços da Embrapa, universidades e agroindústrias. Visando a identificação de genes ou marcadores de interesse, foram utilizadas duas abordagens alternativas e complementares: o estudo de genes candidatos

e o mapeamento de QTLs. Uma população F2 foi desenvolvida para os estudos genômicos a partir do cruzamento entre linhagens divergentes de corte e postura para identificar marcadores associados a características de crescimento, consumo e composição de carcaça, nas condições brasileiras de clima e manejo. Nos estudos de genes candidatos, foram caracterizadas variantes alélicas em genes envolvidos no crescimento muscular e no metabolismo de gordura em aves. Alguns dos genes estudados foram: miostatina, MyoD, MRF4, Myf-5, miogenina, grelina, leptina e receptor da leptina. Assim, identificou-se um marcador genético potencial no gene do receptor da leptina para melhoria de rendimento de carcaça, peito e coxa em galinhas.

"O programa de melhoramento genético de aves da Embrapa disponibilizou **cinco produtos**, entre frangos de corte e poedeiras, de 1975 a 2010."

Como resultados da abordagem do mapeamento de QTLs, em que foi realizada uma investigação do genoma da galinha, foram identificados e mapeados QTLs para características de desempenho, carcaça, peso de órgãos e também as associadas ao metabolismo e deposição de gordura. Destaque para o mapeamento de QTLs no cromossomo 13, determinante para o peso do coração. O QTL para peso do coração explicou 4,34% da variação fenotípica para essa característica. Esse resultado foi de grande importância para a avicultura, considerando que a capacidade cardiorrespiratória está relacionada a problemas metabólicos, como ascite e morte súbita em frangos de corte.

Núcleo de conservação

O material genético pertencente ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Suínos e Aves é mantido desde 2000 como um Núcleo de Conservação in situ. Esse material genético, que compreende aves de corte (linhas macho e linhas fêmea) e de postura (ovos brancos e castanhos), permanece sob seleção para múltiplas características e rigoroso controle sanitário e de biosseguridade.

Contribuições para o melhoramento genético de aves

A Embrapa iniciou seu programa de melhoramento genético de aves com o propósito de reserva estratégica de material genético nacional. A partir dos pacotes genéticos comerciais gerados, passou a ofertar linhagens comerciais de aves para corte e postura para empresas e organizações públicas e privadas de fomento à produção, bem como para produtores independentes interessados na produção de frangos, ovos ou de matrizes. Durante quase três décadas de implementação, o Programa de Melhoramento Genético de Aves da Embrapa atendeu e apoiou os programas estratégicos governamentais. O material genético de galinha vem sendo conservado e melhorado desde 1985, tendo sido uma parte deste desenvolvido diretamente pela Embrapa Suínos e Aves e outra parte recebida do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), proveniente da Granja Guanabara, que na década de 1980 desenvolvia e disponibilizava produtos comerciais para empresas nacionais.

A Unidade mantém o Núcleo de Conservação Genética de Aves (NCGA), que é o maior e mais completo banco de material genético de galinhas selecionadas para múltiplas características produtivas existente no Brasil. Atualmente, nove linhas puras de aves vêm sendo mantidas, sendo três delas para produção de ovos de casca marrom, duas para produção de ovos de casca branca, três para produção de carne e uma para produção de carne colonial, podendo assim atender possíveis demandas do setor produtivo. Esse material é comercializado

e melhorado em projetos envolvendo a parceria entre a Embrapa e as empresas Gramado Avicultura e Agropecuária Ltda e WestAves.

Apesar da importância da avicultura para o Brasil, esta cadeia é praticamente 100% dependente de genética do exterior. A genética de galinhas de corte utilizada no Brasil tem origem em poucas empresas multinacionais concentradoras das principais linhagens existentes no mundo (Aviagen, Cobb Vantress e Hubbard). Desta forma, o país tem a total dependência da importação de bisavós e de avós, o que também é a realidade para as linhagens de postura. Com essas importações contínuas, há o risco sanitário de introdução de influenza aviária, doença de Newcastle, *Salmonella*, *Mycoplasma* e *Campylobacter* para o plantel brasileiro. O mundo atravessa uma crise de fornecimento de material genético avícola na medida em que as empresas exportadoras de genética não conseguem fornecer continuamente material genético livre das mencionadas doenças.

Neste sentido, o programa de melhoramento genético de aves torna-se imprescindível, pois, ao mesmo tempo em que a Embrapa mantém as linhas puras com seleção tradicional, desenvolve metodologias de seleção genômica para acelerar a competitividade das linhas de frangos de corte e de poedeiras no suprimento de linhagens mais competitivas. De outro lado, ainda mantém linhas puras de produção colonial sob seleção para suprir a demanda de pequenos produtores e empreendedores interessados na produção alternativa. Essas linhagens coloniais possibilitam substituir as galinhas sem procedência conhecida e de baixa produção dos criatórios das pequenas propriedades rurais por meio da aquisição de pintos melhorados para produção de carne e de ovos.

A contribuição feita pela Embrapa Suínos e Aves nesta área tem significado especial porque possibilita a utilização de sistemas produtivos "todos dentro - todos fora" e permite vazios sanitários, ações que reduzem os reservatórios de doenças dos plantéis não controlados. Os núcleos de conservação das linhas puras apresentam perfeitas condições sanitárias e têm sido importantes para pesquisas realizadas Embrapa e em projetos de cooperação com universidades e instituições de ciência e tecnologia (ICTs) nacionais (como a Esalq-Universidade Estadual Paulista - Unesp, Universidade de São Paulo - USP, Universidade Estadual de Londrina - UEL, Universidade do Estado de Santa Catarina - Udesc, entre outras) e internacionais. Os esforços da Embrapa também tem se mostrado importantes para as empresas privadas que atuam no setor de genética de aves.

Com o surgimento e fortalecimento da área de pesquisa em genômica, este material tem sido avaliado de forma mais intensa em busca de diferenciais genéticos passíveis de serem utilizados em programas de seleção e melhoramento de aves. O material genético desenvolvido pela Embrapa também é competitivo no segmento de criação alternativa e de pequena escala, demonstrando a importância

deste programa, que beneficia essencialmente pequenas e médias propriedades rurais e garante, em muitos casos, a segurança alimentar de famílias que veem na criação de aves um meio de subsistência. O valor deste material é inestimável, de cunho estratégico tanto para a pesquisa como para a variabilidade genética, especialmente quando se reconhece os constantes desafios sanitários e mercadológicos observados mundialmente no sistema produtivos de aves.

Neste contexto, além do fornecimento de linhagens comerciais de aves, é estratégico o uso das diferentes linhagens brasileiras para a geração de produtos biotecnológicos. A Embrapa, nesse caso, por possuir a única granja de melhoramento genético de aves com ações de pesquisa no Brasil e por atender todas as condições de biossegurança para esse tipo de granja, pode produzir insumos aplicados à sanidade animal, como anticorpos e linhagens celulares, e para desenvolver pesquisas sobre transgenia de células para uso como biorreatores.

Manutenção das linhas puras sob seleção genética

A manutenção sob seleção genética das linhas puras de aves para corte e postura no NCGA vem sendo feita por meio de contrato de cooperação técnica com a Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copérdia) e ações de conservação pela Embrapa. Foi realizada nos últimos 10 anos a adequação das instalações dos núcleos de conservação às normativas oficiais do Mapa, com destaque para a transferência em 2018 da granja de bisavós de aves, responsável pela comercialização de material genético, para o Campo Experimental de Suruvi, conforme Instrução Normativa Nº 56/2007. Também foi efetivada a manutenção de um rebanho réplica nos campos experimentais da Unidade.

A Embrapa realiza ainda a avaliação contínua das linhas puras e eventuais avaliações de desempenho a campo dos materiais comerciais, com destaque para o acompanhamento de lotes da empresa multiplicadora licenciada Gramado Avicultura, em unidades de referência tecnológica (URT) ou unidades de observação (UO) com os produtores, com a Cooperativa de Produção Agroindustrial Familiar de Seara (Copafas) e com a empresa WestAves. Além disso, são realizados testes de desempenho junto à Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). As mesmas ações também ocorrem em duas empresas privadas, a Korin Agropecuária Ltda e a BRF.

Produção, transferência e comercialização das aves

A comercialização da genética de aves da Embrapa tem sido possível por meio de contratos de fornecimento de tecnologias para multiplicação e explo-

ração comercial dos produtos, os quais concedem a licença para uso da marca "Tecnologia Embrapa". Um deles, junto à empresa Gramado Avicultura, possibilita desde 2016 a multiplicação da linhagem colonial de postura Embrapa 051, com contrato baseado no pagamento de royalties. Outro acordo, firmado com a WestAves e baseado no pagamento de taxa de acesso, permite a multiplicação das linhagens Embrapa 021 de frangos de corte, Embrapa 031 de poedeiras de ovos castanhos e Embrapa 041 de frango de corte colonial. Também por meio de acordo de cooperação técnica com a mesma empresa, estão em desenvolvimento novos ativos para produção de frangos de corte industrial, frangos de corte colonial, poedeira de ovos castanhos e poedeira de ovos brancos.

Para tanto, foi estabelecida uma granja de melhoramento genético de aves com incubatório. A infraestrutura foi implantada no município de Piratini (RS) e recebeu, em outubro de 2022, uma cópia de cada uma das nove linhas puras da Embrapa para estabelecer um trabalho de melhoramento genético público-privado. As linhas puras originais permanecem nas instalações da Embrapa Suínos e Aves na forma de réplicas. Assim, a seleção das linhas puras e a produção de avós e de matrizes dos ativos Embrapa 011, Embrapa 021, Embrapa 031 e Embrapa 041 seguiram em novo ritmo, impulsionadas pela visão e capacidade comercial da iniciativa privada, prospectando mercados no Brasil e no exterior para a genética de aves da Embrapa.

Outra iniciativa importante foi a cooperação técnica com a empresa Korin Agropecuária Ltda para validação comercial dos produtos que utilizam a genética Embrapa, visando a análise de viabilidade e posicionamento mercadológico desses produtos com a marca "Tecnologia Embrapa". Essas ações foram desenvolvidas pelas equipes da Unidade e da Secretaria de Inovação e Negócios da Embrapa e têm o potencial de ampliar a área de abrangência das genéticas avícolas da Embrapa e a arrecadação de receitas (royalties e taxa de acesso). A empresa Korin foi licenciada para uso da marca Embrapa na produção de ovos Embrapa 051 livres de antimicrobianos.

Ações de conservação genética realizadas pela Embrapa

Desde 2000, os núcleos de conservação passaram a fazer parte de projetos específicos para a manutenção de recursos genéticos da Embrapa. Em 2008, esses núcleos integraram a Rede de Recursos Genéticos Animais, liderada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Ao longo dos anos, vários projetos foram realizados com esse material genético em parceria com diversas instituições, gerando conhecimento e metodologias aplicáveis em programas de melhoramento e contribuindo para a formação de massa crítica nessa área estratégica.

Atualmente, está em andamento um projeto de Conservação in situ de suínos, aves e caititus que abriga a conservação das coleções biológicas das linhas puras (Figura 10.1) de corte (TT, KK, PP e GGp) e postura (GG, MM, SS, CC e DD), cujas informações de pedigree e desempenho são armazenadas em um banco de dados da Embrapa denominado Alelo. Outro projeto em andamento é o de conservação *ex situ*, que, além da criopreservação de sêmen e do banco de DNA, busca também criopreservar as linhas puras na forma de gônadas congeladas para posterior recuperação das linhas, estando esta metodologia em desenvolvimento. Assim, se necessário, todas as linhas puras poderão ser armazenadas em nitrogênio líquido com redução dos custos de manutenção desse material genético. Dessa forma, busca-se minimizar os riscos de que esse material, único e estratégico para o País, seja perdido por falta de recursos ou por falhas sanitárias.

Apoio aos programas nacionais de melhoramento

Desde 2010, a Embrapa passou a desenvolver projetos estruturantes para garantir a sobrevivência dos programas nacionais de genética. Um projeto de inovação aberta com a empresa WestAves teve início em 2022 com o objetivo de estabelecer um programa de melhoramento genético para o desenvolvimento de novas linhagens de frangos de corte e galinhas poedeiras a partir das linhas puras do NCGA da Embrapa, delineado especificamente para:

- Manter sob seleção genética as linhas puras de aves para corte e postura existentes no NCGA da Embrapa;
- Desenvolver novos genótipos de frango de corte industrial visando melhoria na conversão alimentar, no ganho de peso diário e no rendimento de carnes nobres;
- Desenvolver novos genótipos de frango de corte colonial visando melhoria na conversão alimentar, rendimento de partes nobres e coloração diferenciada da plumagem (mais colorida);
- Desenvolver novos genótipos de galinha poedeira de ovos castanhos visando melhoria na conversão alimentar e no número de ovos produzidos;
- Desenvolver novos genótipos de galinha poedeira de ovos brancos visando melhoria na conversão alimentar, aumento no número de ovos produzidos e sexagem pela cor ou tipo de empenamento;
- Viabilizar a exploração comercial dos genótipos desenvolvidos;
- Capacitar e transferir know-how em melhoramento genético para formação de recursos humanos.

Figura 10.1. Nascimento de pintinhos com controle de pedigree no incubatório da Embrapa Suínos e Aves, localizado em Concórdia.

Em 2024, foi aprovado com recursos da Embrapa um projeto que objetiva, além da seleção tradicional, estruturar populações de treinamento de uma linha pura nacional para aplicação da seleção genômica, buscando ganhos adicionais necessários para manter sua competitividade e para expandir a seleção genômica para linhas de postura com parceria da WestAves. Também, em janeiro de 2024, por meio dessa parceria, foi enviada para Angola a primeira remessa de avós de frangos de corte industrial Embrapa 021 e avós de poedeiras de ovos castanhos Embrapa 031.

Genômica aplicada ao melhoramento genético de aves

A Embrapa Suínos e Aves, em conjunto com a Esalq/USP, iniciou estudos em genômica de aves no Brasil em 1999 com o objetivo de mapear QTLs para características de interesse econômico para a avicultura. Os projetos nessa área levaram à formação da Rede de Genômica de Aves, que uniu esforços da Embrapa, universidades e o direcionamento da agroindústria. Vários resultados foram obtidos com as metodologias disponíveis na época, numa evolução constante nos últimos 15 anos, com trabalhos de pesquisa que envolvem a utilização das novas tecnologias provenientes da rápida evolução ocorrida nas ciências ômicas.

Uma população para estudos genômicos, denominada População Referência TT, foi formada a partir da expansão da linha paterna de corte TT, em que cerca de 90 características foram avaliadas (Marchesi et al., 2018). Além de permitir a validação de genes candidatos, esta população possibilitou a aplicação de novas metodologias para mapeamento de *loci* que controlam características quantitativas (QTL) com maior precisão através de estudos de associação global do genoma (GWAS, do inglês, *genome-wide association studies*). Assim, a linha de pesquisa em genômica de aves ainda se apresenta estruturada em uma rede que vem atuando há vários anos e visa o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à genética e à produção na avicultura.

Projetos na área de genômica vêm sendo desenvolvidos com as linhagens de aves da Embrapa com o objetivo de identificar genes que controlam características produtivas de interesse econômico na avicultura e de melhor caracterizá-las, tanto estruturalmente como quanto a problemas metabólicos, como as miopatias peitorais e a necrose da cabeça do fêmur. Estes projetos tornam-se essenciais tanto para a caracterização dos recursos genéticos quanto para a manutenção da variabilidade genética, com o objetivo de evitar a depressão endogâmica das populações.

Assim, a população TT tem sido amplamente estudada e caracterizada geneticamente para diversos fenótipos, como por exemplo, aqueles relacionados

à integridade óssea (Fornari et al. , 2014; Cruz et al. , 2015; Ragognetti et al. , 2015; Faveri et al. , 2019), deposição de gordura (Moreira et al., 2019), características produtivas e adaptativas (Pértille et al. , 2015; Marchesi et al. , 2018), de desempenho (Venturini et al. , 2014; Venturini et al. , 2015; Pértille et al. , 2017), peso dos órgãos (Moura et al., 2015), entre outros, incluindo estudos da estrutura da população (Marchesi et al. , 2018; Almeida et al. , 2019).

Identificação de genes de interesse para a avicultura

Utilizando ainda marcadores microssatélites, QTLs inéditos foram identificados para teor de cálcio (Ca) e relação cálcio:fósforo (Ca:P) em frangos de corte, nos quais vários genes candidatos para características ósseas estão mapeados. Esses genes podem ser explorados na identificação de mutações causais e, assim, contribuir para o conhecimento da arquitetura genética das características de qualidade óssea em frangos de corte, bem como para seleção assistida por marcadores para melhoria da integridade óssea (Faveri et al. , 2019). Posteriormente, estudos de associação genômica na População Referência TT possibilitaram a identificação de vários genes candidatos, sendo alguns exemplos citados a seguir.

A deposição excessiva de gordura é um fator negativo para a produção avícola porque reduz a eficiência alimentar, aumenta o custo da produção de carne e é uma preocupação para a saúde dos consumidores. Neste estudo, a herdabilidade genômica de características relacionadas à deposição de gordura foi estimada, bem como identificadas regiões genômicas e genes candidatos posicionais (PCGs) associados a essas características. Regiões de assinatura de seleção, blocos de haplótipos e dados de um estudo anterior de sequenciamento do genoma completo nos fundadores desta população F2 de galinha foram usados para refinar a lista de PCGs e identificar potenciais marcadores tipo SNPs (polimorfismos de base única) causadores. Os QTLs, PCGs e SNPs potencialmente causadores identificados forneceram novos insights sobre o controle genético da deposição de gordura e podem levar a uma maior precisão de seleção para reduzir a deposição excessiva de gordura em frangos (Moreira et al., 2018).

As características de eficiência alimentar (FE) são de grande importância econômica na produção de frangos de corte. Diversos estudos que avaliam fatores genéticos que afetam o consumo de alimentos em galinhas estão disponíveis. No entanto, a maioria desses estudos identificou regiões genômicas contendo QTLs para cada característica separadamente. Ainda é um desafio encontrar redes gênicas comuns relacionadas a essas características. Portanto, um estudo de associação genômica ampla (GWAS) foi conduzido para explorar

regiões genômicas candidatas responsáveis pelas características consumo alimentar, ganho de peso corporal e taxa de conversão alimentar (Figura 10.2) e suas redes gênicas. Um total de 119 SNPs localizados em 20 cromossomos foram associados com características de FE, sendo que alguns deles foram comuns a mais de uma característica.

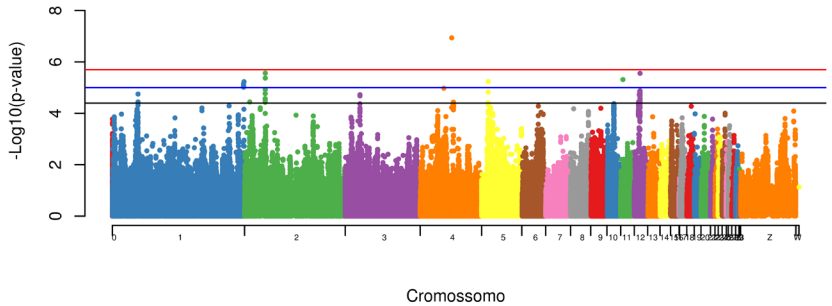

Figura 10.2. Perfil de associação genômica para a taxa de conversão alimentar. O gráfico de Manhattan indica o -log[10] (valores de p) para SNPs genômicos (eixo y) plotados em relação às suas respectivas posições em cada cromossomo (eixo x). As linhas horizontais vermelha, azul e preta indicam os limiares significativos (4×10^{-6}), moderados (1×10^{-5}) e sugestivos (4×10^{-5}) a 5% em todo o genoma, respectivamente.

Além disso, novas regiões genômicas foram prospectadas considerando os efeitos de dominância dos SNPs e interação com sexo, identificando genes candidatos apenas quando esses efeitos estavam presentes no modelo. Genes candidatos relevantes como *ATRNL1, PIK3C2A, PTPRN2, SORCS3* e o microRNA *gga-mir-1759* foram destacados neste estudo, ajudando a elucidar a arquitetura genética das características de eficiência alimentar. Esses resultados forneceram novas perspectivas sobre os mecanismos subjacentes ao consumo e à utilização de alimentos em galinhas (Marchesi et al., 2021).

A análise de segmentos de homozigose na população TT revelou regiões genômicas que contêm genes associados à manutenção da homeostase e mecanismos do sistema imunológico, que podem ter sido selecionados em resposta ao estresse térmico. Esses resultados mostram a relação entre regiões compartilhadas de homozigose e regiões relacionadas à sobrevivência e características de produção em uma linhagem paterna de frangos de corte selecionada há mais de 20 anos. Essas descobertas contribuem para a compreensão dos efeitos da seleção ambiental e artificial na formação da distribuição de variantes funcionais no genoma da galinha (Marchesi et al., 2018).

Por fim, a retomada do programa nacional de melhoramento genético de aves é estratégica. Entretanto, há a necessidade de se implantar novas tecnologias de melhoramento que possam trazer ganhos genéticos adicionais para tornar o material da Embrapa mais competitivo e produzir frangos de corte mais equilibrados fisiologicamente. Assim, está em andamento um projeto onde se busca estruturar populações de treinamento de uma linhagem nacional para aplicação da seleção genômica, visando ganhos adicionais necessários para manter sua competitividade.

Estudos de genes associados a problemas metabólicos

O melhoramento genético de aves de corte resultou em linhagens de frangos de rápido crescimento, melhor eficiência alimentar e maior desenvolvimento muscular comparado com outras espécies. A taxa de crescimento em frangos aumentou significativamente (Havenstein et al., 2003), com estimativa de mais de 400% entre 1957 e 2005 (Zuidhof et al., 2014). No entanto, associadas a esse progresso genético, surgiram características indesejáveis, como o aumento de problemas metabólicos, dentre eles, os problemas locomotores (Burt, 2002; Olkowski et al. , 2011) e as miopatias peitorais (Kuttappan et al. ,2013; Gratta et al. , 2019). Atualmente, estes são os principais problemas da produção de frangos de corte, levando a descartes e condenações de carcaças. As novas metodologias de genômica funcional, que envolvem transcriptoma, genes candidatos e abordagens epigenéticas, podem ser de grande importância para elucidar a etiologia dessas condições. Desde 2010, a Embrapa Suínos e Aves vem desenvolvendo uma linha de pesquisa com estudos genômicos para a melhor compreensão dos problemas metabólicos em aves, especialmente problemas locomotores e miopatias peitorais. Para isso, vem sendo utilizadas as populações experimentais desenvolvidas pela Embrapa (F2 e TT), linhas puras da Embrapa e linhagens comerciais.

Um melhor entendimento dos mecanismos genéticos que controlam a manifestação da necrose da cabeça do fêmur e de *white striping* (WS) visa propor estratégias para redução destes problemas. Esse conhecimento possibilitará que alternativas, tanto relacionadas ao componente genético quanto ao manejo e nutrição, possam ser desenvolvidas visando reduzir perdas por condenações de carcaças ao abate, por processamento na indústria de alimentos e pela rejeição do consumidor devido ao impacto dos problemas locomotores sobre o bem-estar das aves ou pela rejeição do aspecto visual do peito, culminando assim em alto impacto socioeconômico e ambiental. Dessa forma, os resultados gerados nestes projetos contribuem para que o País atenda a Meta 2.4 (Agricultura sustentável) do ODS 2 (Fome zero) e a Meta 12.3 (Perdas e desperdícios de alimento) do ODS 12 (Consumo e produção responsáveis).

Necrose da cabeça do fêmur em frangos de corte

Na investigação sobre problemas locomotores, o foco vem sendo sobre a condição de necrose da cabeça do fêmur (NCF). Estudos foram realizados envolvendo metodologias de mapeamento de QTL (Ragognetti et al. , 2015; Faveri et al. , 2019), identificação de genes candidatos (Petry et al. , 2018; Paludo et al. , 2017), análise transcriptômica do fêmur nas idades de 21 (Ibelli et al., 2022) e 35 dias (Goldoni et al., 2022), da tíbia (Oliveira, 2020) e da cartilagem articular (Hul et al., 2021), entre outros (Ledur; Peixoto, 2010; Peixoto et al. 2019, 2020). Esses estudos revelaram informações sobre alterações teciduais causadas pela NCF (Figura 10.3) e sobre os genes candidatos que influenciam esse distúrbio, o que permitiu avanços significativos na compreensão dos mecanismos envolvidos com essa condição.

Foto: Jane de Oliveira Peixoto

Figura 10.3. Cabeça do fêmur de um frango de corte com aparência normal, à esquerda, e um exemplar de cabeça do fêmur de frango de corte afetado pela necrose, à direita.

Um novo projeto, intitulado Análises multiômicas na investigação de fatores genéticos associados à necrose da cabeça do fêmur em frangos de corte, foi submetido para financiamento em 2025. O projeto almeja explorar de forma integrada a influência de microRNAs, do metaboloma e do perfil da microbiota intestinal na manifestação da NCF.

Miopatias peitorais são desafio para indústria avícola

As miopatias peitorais estão entre os principais desafios atuais enfrentados pela indústria avícola de corte. Diversas abordagens em manejo, nutrição e genética têm sido utilizadas com o objetivo de reduzir sua incidência. Contudo, poucos são os avanços obtidos e as miopatias peitorais, sobretudo a miopatia *white striping* (Figura 10.4), estão ocorrendo com maior frequência nos plantéis. Devido à importância

econômica desse corte nobre e o impacto dessas lesões na qualidade sensorial e tecnológica da carne, é imprescindível conhecer os fatores genéticos-nutricionais que controlam a manifestação de miopatias em frangos de corte.

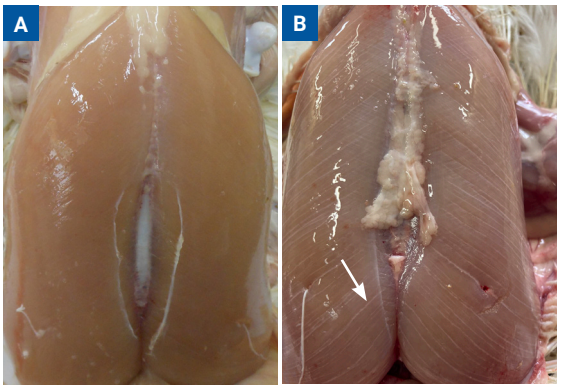

Foto: Jane de Oliveira Peixoto

Figura 10.4. Amostras do grupo controle (A) e afetados por WS (B) na avaliação macroscópica. Estrias brancas na superfície do peito (seta).

Assim, a linha de pesquisa com miopatias peitorais está estruturada desde 2019 ano que iniciou o projeto Prospecção de genes e vias metabólicas envolvidas na manifestação de miopatias peitorais em frangos de corte. Na sequência, em 2021, a Fapesc aprovou o projeto Mecanismos epigenéticos envolvidos na manifestação da miopatia *white striping* em frangos de corte. Já em 2022, o CNPq financiou o projeto Perfil do microbioma intestinal e do epigenoma na ocorrência de miopatias peitorais em frangos de corte, ainda em andamento em 2025.

Inicialmente, foi gerado o transcriptoma do músculo peitoral maior de uma linhagem comercial e verificou-se grande número de genes e vias metabólicas associadas com grau severo desta miopatia em frangos de corte (Marchesi et al., 2018). Alguns desses genes foram validados por PCR em tempo real (Marciano et al. 2021). Assim, de acordo com os resultados da análise de expressão gênica, a ocorrência de WS foi relacionada a processos como hipóxia, estresse oxidativo, ativação do sistema imunológico, angiogênese, interrupções nas vias de cálcio, estresse do retículo endoplasmático, apoptose, metabolismo do colágeno, autofagia, sinalização de insulina, desenvolvimento do sistema circulatório, resposta celular a estímulos e produção de citocinas, entre outros.

Na análise do transcriptoma de frangos de 35 dias de idade, Padilha et al. (2024) identificaram 30 genes diferencialmente expressos entre frangos normais e afetados por WS, com 23 regulados positivamente e sete regulados negati-

vamente nos frangos afetados (Figura 10.5). Genes candidatos inéditos foram identificados em processos biológicos relacionados ao desenvolvimento muscular, metabolismo lipídico e colágeno. Genes relacionados a mudanças no tipo de fibra muscular e aos processos de apoptose, autofagia, proliferação e diferenciação estão possivelmente envolvidos com o estágio inicial do desenvolvimento de WS.

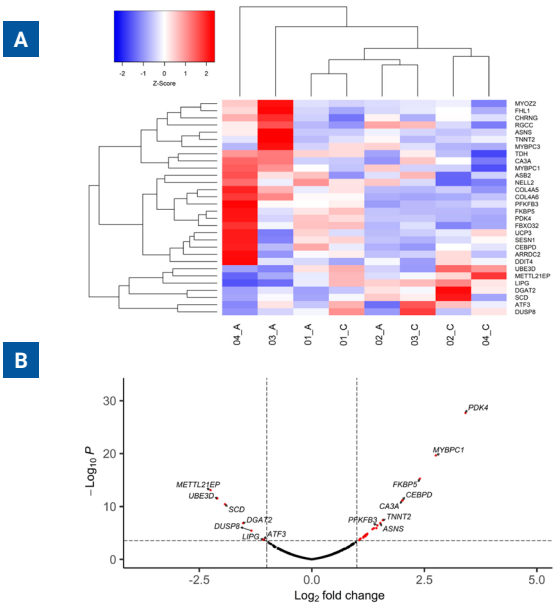

Figura 10.5. (A) *Heatmap* mostrando um agrupamento hierárquico dos genes diferencialmente expressos (DE) entre amostras de frangos de corte afetados por WS e normais. Os genes são apresentados nas linhas e as amostras, nas colunas. Os genes regulados negativamente no grupo afetado são mostrados em azul e os genes regulados positivamente, em vermelho. (B) Gráfico de vulcão mostrando os principais genes DE entre frangos de corte afetados por WS (Log10 p < 3,699 é igual a FDR < 0,05).
Fonte: Padilha et al. (2024).

Em outro estudo envolvendo o sequenciamento dos microRNAs (miRNAs), que são pequenos RNAs regulatórios, Dal Pizzol et al. (2024) indicaram a influência de miRNAs sobre o desencadeamento de WS em frangos de corte. Foram identificados miRNAs diferencialmente expressos entre frangos de corte normais e afetados por *white striping* aos 28 dias de idade, os quais desempenham um papel importante na via de sinalização da insulina.

Com o sequenciamento de regiões metiladas do DNA, foram gerados os primeiros metilomas do músculo peitoral de frangos de corte normais e afetados por WS de uma linhagem pura nacional em idade precoce, onde se inicia a manifestação desta patologia e já é visualmente observada na superfície do peito dos frangos. Além disso, informações inéditas estão sendo exploradas sobre a atuação de regiões metiladas e genes no desencadeamento de miopatias, bem como identificadas as vias metabólicas envolvidas na manifestação de *white striping*. Isso representa um avanço no conhecimento do genoma funcional da galinha em resposta a problemas da produção, gerando uma base de dados consistente que será útil em outros estudos conduzidos pela comunidade científica.

Importância estratégica de material genético de aves

Como já enfatizado anteriormente, apesar da produção de aves para o Brasil, a avicultura brasileira é praticamente 100% dependente de genética do exterior. Ao contrário dos programas de melhoramento das demais espécies zootécnicas (bovinos, ovinos, caprinos e suínos), que são abertos e existem no Brasil e em muitos outros países, os programas de aves são fechados (não se importa sêmen e nem embriões), podendo-se somente comprar do exterior pintos avós, bisavós ou linhas puras, os quais devem ser alojados em granjas de melhoramento genético únicas, com biossegurança avançada e distante pelo menos 5 km de qualquer outra atividade avícola, condição impossível na maioria dos municípios brasileiros. Por essa razão, não existem outras granjas de melhoramento genético de aves ativas no Brasil.

Ações futuras para os núcleos de conservação de aves

A granja da Embrapa é a única em melhoramento genético de aves com ações de pesquisa no Brasil, atendendo todas as condições de biossegurança. Com isso, espera-se iniciar parcerias para explorar o potencial uso desse material genético para o desenvolvimento de pesquisas em outras áreas, como comportamento, sanidade, nutrição e reprodução.

Visualizam-se possibilidades que vão desde a produção de insumos aplicados à sanidade animal, como anticorpos e linhagens celulares, até o desenvolvimento de pesquisas inovadoras que envolvam o desenvolvimento de transgênicos para uso como biorreatores.

Além disso, as linhagens servirão para o desenvolvimento de novas linhagens editadas com os genes-alvos que vêm sendo prospectados. Este material genético está disponível para uso em projetos do portfólio Biorrevolução e outros portfólios da Embrapa para geração de ativos biotecnológicos, o que seria vantajoso, uma

vez que a Embrapa não precisaria pagar royalties para empresas multinacionais de genética para produzir linhagens modificadas de galinhas.

Outro mercado potencial para esse material genético é o de produtos com agregação de valor, onde a seleção poderia ser direcionada para atender necessidades customizadas da sociedade moderna. Assim, poderiam ser melhorados certos atributos que no futuro poderão ser imprescindíveis para a comercialização de produtos que agregam aptidões e qualidades para o bem-estar animal e melhoria da qualidade da carne, como, por exemplo, aves com melhor resistência óssea ou frangos com maior teor de ferro na carne.

Material base para geração de produtos biotecnológicos

Essas diferentes linhagens que a Embrapa pretende desenvolver apresentam um grande potencial para a geração de produtos biotecnológicos. Visualizam-se possibilidades como a produção de insumos aplicados à sanidade animal, ovos SPF, anticorpos e linhagens celulares e a viabilização de pesquisas inovadoras que envolvam o desenvolvimento de transgênicos para uso como biofábricas. A galinha apresenta grande potencial de utilização como biorreator. Os biorreatores são animais geneticamente modificados que se apresentam com a capacidade de produzir algumas substâncias que podem ser aproveitadas na farmacêutica.

Uma grande vantagem do uso da galinha é sua elevada eficiência reprodutiva, com produção em torno de 300 ovos/ave/ano e o curto intervalo entre gerações, o que permite a obtenção de um grande número de indivíduos em pouco tempo. A possibilidade de expressão de proteínas funcionais somente na clara do ovo oferece fácil extração e purificação da proteína de interesse. Além disso, os sistemas de glicosilação das galinhas apresentam mais similaridade com aqueles usados pelas células humanas do que os mecanismos pós-traducionais em mamíferos.

Atualmente, a Embrapa Suínos e Aves tem desenvolvido proteína cultivada a partir de tipos celulares provenientes dessas linhagens (ver capítulo 20). Dessa forma, a utilização do material genético da Embrapa para esse fim é uma estratégia muito promissora e pode atrair parcerias e cooperação com universidades e instituições de ciência e tecnologia nacionais.

Formação de mais recursos humanos em genômica

Além do desenvolvimento dos produtos genéticos de suínos e aves e das metodologias de seleção, as pesquisas desenvolvidas em melhoramento e genômica de aves somam para a formação de massa crítica nessas áreas estratégicas para o país. Os projetos conduzidos nesse período contribuíram

de forma significativa para o avanço do conhecimento, colocando o Brasil em destaque técnico-científico, comprovado por publicações de alto impacto em revistas nacionais e internacionais. Também, vários resultados foram divulgados em congressos no Brasil e no exterior, além de um conjunto de publicações técnicas que estão disponíveis na página eletrônica da Embrapa Suínos e Aves.

Em parceria com distintas universidades, foram desenvolvidas várias teses de doutorado e dissertações de mestrado, além de estágios de alunos de graduação, contribuindo diretamente para a capacitação de recursos humanos em melhoramento genético, estudos avançados na área de genômica, transcriptômica, bioinformática e utilização de marcadores moleculares em programas de melhoramento. A atuação na formação de recursos humanos possibilitou a inserção de vários alunos no mercado de trabalho, atuando tanto com melhoramento genético de aves quanto nas diferentes áreas da genética molecular e genômica. Por fim, a importância dos estudos de genética e genômica de aves na Embrapa também se materializou como premiações recebidas ao longo dos anos.

Referências

ALMEIDA, O. A. C.; MOREIRA, G. C. M.; REZENDE, F. M.; BOSCHIERO, C.; PEIXOTO, J. de O.; IBELLI, A. M. G.; LEDUR, M. C.; NOVAIS, F. J. de; COUTINHO, L. L. Identification of selection signatures involved in performance traits in a paternal broiler line. **BMC Genomics**, v. 20, n. 449, 2019. DOI: 10.1186/s12864-019-5811-1.

BURT, D. W. A comprehensive review on the analysis of QTL in animals. **Trends in Genetics**, v. 18, n. 9, p. 488, 2002. DOI:10.1016/S0168-9525(02)02706-3.

CRUZ, V. A. R. da; SCHENKEL, F. S.; SAVEGNAGO, R. P.; GRUPIONI, N. V.; STAFUZZA, N. B.; SARGOZAEL, M.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; LEDUR, M. C.; MUNARI, D. P. Association of apolipoprotein B and adiponectin receptor 1 genes with carcass, bone integrity and performance traits in a paternal broiler Line. **Plos One**, v. 10, n. 8, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0136824.

DAL PIZZOL, M. S.; IBELLI, A. M. G.; CANTAO, M. E.; CAMPOS, F. G.; OLIVEIRA, H. C. de; PEIXOTO, J. de O.; FERNANDES, L. T.; TAVERNARI, F. de C.; MORES, M. A. Z.; BASTOS, A. P. A.; LEDUR, M. C. Differential expression of miRNAs associated with pectoral myopathies in young broilers: insights from a comparative transcriptome analysis. **BMC Genomics**, v. 25, n. 104, p. 1-14, 2024. DOI: 10.1186/s12864-024-09983-9.

FAVERI, J. C.; PINTO, L. F. B.; CAMARGO, G. M. F. de; PEDROSA, V. B.; PEIXOTO, J. de O.; MARCHESI, J. A. P.; KAWSKI, V. L.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. Quantitative trait loci for morphometric and mineral composition traits of the tibia bone in a broiler x layer cross. **Animal**, v. 13, n. 8, p. 1563-1569, 2019. DOI: 10.1017/S175173111800335X.

FORNARI, M. B.; ZANELLA, R.; IBELLI, A. M. G.; FERNANDES, L. T.; CANTAO, M. E.; SOCCOL, V. T.; LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. de O. Unraveling the associations of osteoprotegerin gene with production traits in a paternal broiler line. **SpringerPlus**, v. 3, n. 682, 2014. DOI: 10.1186/2193-1801-3-682.

GOLDONI, I.; IBELLI, A. M. G.; FERNANDES, L. T.; PEIXOTO, J. de O.; HUL, L. M.; CANTAO, M. E.; GOUVEIA, J. J. de S.; LEDUR, M. C. Comprehensive analyses of bone and cartilage transcriptomes evince ion transport, inflammation and cartilage development-related genes involved in chickens femoral head separation. **Animals**, v. 12, n. 788, 2022. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114800.

GRATTA, F.; BIROLO, M.; SACCHETTO, R.; RADAELLI, G.; XICCATO, G.; BALLARIN, C.; BERTOTTO, D.; PICCIRILLO, A.; PETRACCI, M.; MAERTENS, L.; TROCINO, A. Effect of feed restriction timing on live performance, breast myopathy occurrence, and muscle fiber degeneration in 2 broiler chicken genetic lines. **Poultry Science**, v. 98, p. 5465-5476, 2019. DOI: 10.3382/ps/pez352.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, v. 82, n. 10, p. 1500-1508, 2003. DOI: 10.1093/ps/82.10.1500.

HUL, L. M.; IBELLI, A. M. G.; SAVOLDI, I. R.; MARCELINO, D. E. P.; FERNANDES, L. T.; PEIXOTO, J. O.; CANTAO, M. E.; HIGA, R. H.; GIACHETTO, P. F.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. Differentially expressed genes in the femur cartilage transcriptome clarify the understanding of femoral head separation in chickens. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-13. 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-97306-3.

IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; ZANELLA, R.; GOUVEIA, J. J. de S.; CANTAO, M. E.; COUTINHO, L. L.; MARCHESI, J. A. P.; DAL PIZZOL, M. S.; MARCELINO, D. E. P.; LEDUR, M. C. Downregulation of growth plate genes involved with the onset of femoral head separation in young broilers. **Frontiers in Physiology**, v. 3, n. 941134, 2022. DOI: 10.3389/fphys.2022.941134.

KUTTAPPAN, V. A.; BREWER, V. B.; APPLE, J. K.; WALDROUP, P. W.; OWENS, C.M. Influence of growth rate on the occurrence of White Striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 10, p. 2677-2685, 2012. DOI: 10.3382/ps.2012-02259.

LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. de O. Aplicações e perspectivas da genômica no melhoramento genético de aves. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010. Maringá, PR. **Melhoramento animal no Brasil**: uma visão crítica. Maringá: SBMA, 2010.

MARCHESI, J. A. P.; BUZANSKAS, M. E.; CANTAO, M. E.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; JOAQUIM, L. B.; MOREIRA, G. C. M.; GODOY, T. F.; SBARDELLA, A. P.; FIGUEIREDO, E. A. P.; COUTINHO, L. L.; MUNARI, D. P.; LEDUR, M. C. Relationship of runs of homozygosity with adaptive and production traits in a paternal broiler line. **Animal**, v. 12, n. 6, p. 1126-1134, 2018. DOI: 10.1017/S1751731117002671.

MARCHESI, J. A. P.; ONO, R. K.; CANTAO, M. E.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; MOREIRA, G. C. M.; GODOY, T. F.; COUTINHO, L. L.; MUNARI, D. P.; LEDUR, M. C. Exploring the genetic architecture of feed efficiency traits in chickens. **Scientific Reports**, v. 11, n. 4622, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-84125-9.

MARCIANO, C. M. M.; IBELLI, A. M. G.; MARCHESI, J. A. P.; PEIXOTO, J. de O.; FERNANDES, L. T.; SAVOLDI, I. R.; CARMO, K. B. do; LEDUR, M. C. Differential expression of myogenic and calcium signaling-related genes in broilers affected with white striping. **Frontiers in Physiology**, v. 12, n. 712464, 2021. DOI: 10.3389/fphys.2021.712464.

MOREIRA, G. C. M.; BOSCHIERO, C.; CESAR, A. S. M.; REECY, J. M.; GODOY, T. F.; PÉRTILLE, F.; LEDUR, M. C.; MOURA, A. S. A. M. T. M.; GARRICK, D. J.; COUTINHO, L. L. Integration of genome wide association studies and whole genome sequencing provides novel insights into fat deposition in chicken. **Scientific Reports**, v. 8, n. 16222, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-34364-0.

MOREIRA, G. C. M.; POLETI, M. D.; PÉRTILLE, F.; BOSCHIERO, C.; CESAR, A. S. M.; GODOY, T. F.; LEDUR, M. C.; REECY, J. M.; GARRICK, D. J.; COUTINHO, L. L. Unraveling genomic associations with feed efficiency and body weight traits in chickens through an integrative approach. **BMC Genetics**, v. 20, n. 83, 2019. DOI: 10.1186/s12863-019-0783-3.

MOURA, A. S. A. M. T.; LEDUR, M. C.; BOSCHIERO, C.; NONES, K.; PINTO, L. F. B.; JAENISCH, F. R. F.; BURT, D. W.; COUTINHO, L. L. Quantitative trait loci with sex-specific effects for internal organs weights and hematocrit value in a broiler-layer cross. **Journal of Applied Genetics**, 2015. DOI: 10.1007/s13353-015-0325-2.

OLIVEIRA, H. C. de; IBELLI, A. M. G.; GUIMARÃES, S. E. F.; CANTAO, M. E.; PEIXOTO, J. de O.; COUTINHO. L. L.; LEDUR, M. C. RNA-seq reveals downregulated osteochondral genes potentially related totibia bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. **BMC Genetics**, v. 21, n. 58, 2020. DOI: 10.1186/s12863-020-00862-2.

OLKOWSKI, A. A.; LAARVELD, B.; WOJNAROWICZ, C.; CHIRINO-TREJO, M.; CHAPMAN, D.; WYSOKINSKI, T. W.; QUARONI, L. Biochemical and physiological weaknesses associated with the pathogenesis of femoral bone degeneration in broiler chickens. **Avian Pathology**, v. 40, n. 6, p. 639–650, dez. 2011. DOI: 10.1080/03079457.2011.626017.

PADILHA, S. F.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. O.; CANTAO, M. E.; MOREIRA, G. C. M.; FERNANDES, L. T.; TAVERNARI, F. C.; MORES, M. A. Z.; BASTOS, A. P. A.; DIAS, L. T.; TEIXEIRA, R. A.; LEDUR, M. C. Novel candidate genes involved in an initial stage of white striping development in broiler chickens. **Animals**, v. 14, n. 16, 2379, 2024. 21 p. DOI: 10.3390/ANI14162379/S1.

PALUDO, E.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. O.; TAVERNARI, F. C.; LIMA-ROSA, C. A. V.; PANDOLFI, J. R. C.; LEDUR, M. C. The involvement of RUNX2 and SPARC genes in the bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. **Animal**, v. 11, n. 6, p. 1063-1070, 2017. DOI: 10.1017/S1751731116002433.

PEIXOTO, J. de O.; IBELLI, A. M. G.; FERNANDES, L. T.; LEDUR, M. C. Improving skeletal structure in meat-type chickens given fast weight gain and large breast yield through genetic selection. **CAB Reviews**, v. 15, n. 8, 2020. DOI: 10.1079/PAVSNNR202015008.

PEIXOTO, J. de O.; SAVOLDI, I. R.; IBELLI, A. M. G.; CANTAO, M. E.; JAENISCH, F. R. F.; GIACHETTO, P. F.; SETTLES, M. L.; ZANELLA, R.; MARCHESI, J. A. P.; PANDOLFI, J. R. C.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. Proximal femoral head transcriptome reveals novel candidate genes related to epiphysiolysis in broiler chickens. **BMC Genomics**, v. 20, p. 1-17, 2019. DOI: 10.1186/s12864-019-6411-9.

PÉRTILLE, F.; ZANELLA, R.; FELÍCIO, A. M.; LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. de O.; COUTINHO, L. L. Identification of polymorphisms associated with production traits on chicken (Gallus gallus) chromosome 4. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 10717-10728, 2015. DOI: 10.4238/2015.September.9.11.

PÉRTILLE, F.; MOREIRA, G. C. M. M.; ZANELLA, R.; NUNES, J. de R. da S.; BOSCHIERO, C.; ROVADOSCKI, G. A.; MOURÃO, G. B.; LEDUR, M. C.; COUTINHO, L. L. Genome-wide association study for performance traits in chickens using genotype by sequencing approach. **Scientific Reports**, v. 7, n. 41748, 2017. DOI: 10.1038/srep41748.

PETRY, B.; MOREIRA, G. C. M.; JORGE, E. C.; LEDUR, M. C.; COUTINHO, L. L. Investigation for high-impact SNPs on important genes for muscle growth characteristics in broilers. In: PLANT AND ANIMAL GENOME CONFERENCE, 26., 2018, San Diego. **Abstracts**... [S.l. : s.n.], 2018. Paper 29812.

RAGOGNETTI, B. do N. N; STAFUZZA, N. B.; SILVA, T. B. R. da; CHUD, T. C. S.; GRUPIONI, V. A. R.; CRUZ, V. A. R.; DANTAS, J. de O.; NONES, K.; LEDUR, M. C.; MUNARI, D. P. Genetic parameters and mapping quantitative trait loci associated with tibia traits in broilers. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 17544-17554, 2015. DOI: 10.4238/2015.December.21.27.

VENTURINI, G. C.; CRUZ, V. A. R.; ROSA, J. O.; BALDI, F.; EL FARO, L.; LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. O.; MUNARI, D. P. Genetic and phenotypic parameters of carcass and organ traits of broiler chickens. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n.4, p. 10294-10300. 2014. DOI: 10.4238/2014.

VENTURINI, G. C.; STAFUZZA, N. B.; CARDOSO, D. F.; BALDI, F.; LEDUR, M. C.; PEIXOTO, J. de O.; EL FARO, L.; MUNARI, D. P. Association between ACTA1 candidate gene and performance, organs and carcass traits in broilers. **Poultry Science**, 2015. DOI: 10.3382/ps/pev285.

ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.; ROBINSON, F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014. DOI: 10.3382/ps.2014-04291.

CAPÍTULO 11

Nutrição acompanha contínuo avanço na produção de frangos de corte

Gerson Neudí Scheuermann, Everton Luis Krabbe e Jorge Vitor Ludke

Nutrição é uma das bases da evolução da avicultura de corte no Brasil | 1975–2010

A partir da implantação da pesquisa em aves, em 1978, a Embrapa Suínos e Aves assumiu um papel estratégico no desenvolvimento de soluções para a nutrição de frangos de corte e poedeiras. Entre 1979 e 1980, a Unidade dedicou-se a descrever o valor nutritivo e de limitações específicas de alimentos e subprodutos regionais disponíveis no país para alimentação de aves. Delinearam-se, na época, projetos de pesquisa para avaliação nutricional de alimentos, com abordagem nos estudos de digestibilidade, metabolismo e disponibilidade de nutrientes.

Também foram alvo de esforços da Embrapa nos anos 1980 os seguintes estudos: (1) determinação das exigências de energia e proteína nas diferentes idades de frangos de corte, aves de postura e de reprodução; e (2) fontes alternativas de energia e proteínas, bem como minerais para as rações avícolas. A Embrapa também ajudou a compor tabelas nacionais de composição de alimentos, que reduziram em 3% o custo das rações.

Os resultados oriundos dos projetos conduziram à elaboração das tabelas de composição química e de valores energéticos dos alimentos brasileiros lançadas pela Embrapa em 1983 e 1991. A Unidade desenvolveu ainda estudos sobre a disponibilidade de diferentes fontes de fosfato e sobre níveis de inclusão de subprodutos e produtos como fontes alternativas de energia e proteína em rações para frangos. Os resultados indicaram, por exemplo, a viabilidade na substituição de até 60% do milho por farinha integral de mandioca em rações para frangos de corte. O uso de farelo de arroz integral, um subproduto da indústria de beneficiamento, mostrou-se viável economicamente para substituir o milho em até 10% em rações para frangos de corte.

Energia e proteína disponibilizadas para os frangos

A partir dos anos 1990, seguindo a evolução da avicultura nacional, a Embrapa investiu em temas como necessidades de energia e proteína para matrizes de frangos de corte, exigências de aminoácidos sulfurados para frangos de corte no verão e inverno e determinação da exigência nutricional do fósforo e sua disponibilidade em diferentes fontes e idades. Outras contribuições importantes foram as avaliações para utilização da soja integral tostada na alimentação de frangos de corte, além da série de estudos sobre a moagem de ingredientes e seu efeito sobre a digestibilidade de nutrientes.

A determinação da composição química e valores energéticos de 147 alimentos foi outra contribuição aos nutricionistas que não dispunham destes

valores para os alimentos produzidos no Brasil. Adicionalmente, o granulômetro, instrumento volumétrico utilizado para determinar o tamanho das partículas de milho moído, introduziu termos como diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas e ofereceu uma tecnologia mais precisa e direta para uso nas formulações de rações. A Embrapa desenvolveu ainda no período pesquisas sobre as exigências de energia metabolizável (EM) para matrizes de frangos de corte na fase de reprodução e sobre estratégias nutricionais para prevenção da síndrome ascética.

Pesquisas voltadas aos subprodutos

"A Embrapa Suínos e Aves assumiu um **papel estratégico** no desenvolvimento de soluções para a nutrição de frangos de corte e poedeiras."

Outra linha de pesquisa com entregas significativas entre os anos 1990 e 2010 dedicou-se ao estudo de subprodutos, atendendo a uma demanda das indústrias da alimentação animal. A Embrapa apresentou soluções para otimizar o uso de farinhas de carne e ossos em rações de aves, contribuição que aprimorou o uso destes insumos pela cadeia produtiva. Além disso, com a proibição de animais mortos na fabricação de farinhas de origem animal, a partir de meados dos anos 2000, a Embrapa desenvolveu um equipamento, em parceria com a Perozin Indústria Metalúrgica, para a incineração controlada de animais de pequeno porte, o qual foi de grande valor para os produtores de aves.

Os seguintes assuntos também foram trabalhados pela Embrapa Suínos e Aves até o ano de 2010: uso de complexos enzimáticos exógenos para melhorar a digestibilidade da energia e nutrientes; composição química e microbiológica de subprodutos de abatedouro; aditivos alimentares alternativos em substituição aos antimicrobianos promotores de crescimento; uso de ingredientes regionais alternativos na dieta de frangos e poedeiras; e viabilidade econômica de farinha de penas hidrolisadas na dieta de frangos de corte.

Nutrição acompanha contínuo avanço na produção de frangos de corte

O desempenho genético das linhagens de frango de corte apresentou contínua evolução, com base nos dados de ganho de peso diário e conversão alimentar, nos últimos 15 anos. Não menos importante, também continuaram crescentes os rendimentos de carcaça e do peito em relação ao peso vivo. Embora essa realidade implique em desafios fisiológicos e estruturais, abordados nos próprios programas de melhoramento genético (mais detalhes estão disponíveis no Capítulo 10), é papel da nutrição prover nutrientes que possibilitem a expressão desse impressionante potencial genético observado nos frangos de corte.

Considerando o forte impacto da alimentação no custo de produção (que de acordo com a Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) da Embrapa representa em média 70% do custo de produção), ganhos em eficiência alimentar repercutem diretamente nos resultados econômicos que serão alcançados por produtores e agroindústrias. Além do potencial genético, os trabalhos de pesquisa em nutrição têm importante contribuição aqui. O objetivo é avançar na elaboração de dietas que apresentam melhor aproveitamento dos nutrientes nela contidos.

Em contrapartida aos avanços em eficiência, um importante desafio foi imposto ao setor nestes últimos anos: a necessidade de redução no uso de antimicrobianos, especialmente os melhoradores de desempenho. Esse movimento objetiva dificultar o surgimento de resistência por parte dos microrganismos patogênicos aos antimicrobianos voltados à saúde pública. Devido à importância

da pauta, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) constituiu o Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos (PAM-BR) em 2018, no âmbito da agropecuária.

O primeiro reflexo disso, no contexto da produção animal, foi um efeito negativo na eficiência alimentar. Por outro lado, a nova realidade induziu o desenvolvimento e aperfeiçoamento de diversas tecnologias, algumas consideradas alternativas aos antimicrobianos (tema abordado em maior profundidade no Capítulo 13). Esses produtos têm sido reavaliados em novas composições e de forma crescente adotados na produção comercial de frangos de corte. Entre as principais opções, destacam-se várias opções de enzimas, ácidos orgânicos, fitoterápicos, óleos essenciais, prebióticos e probióticos. Aliado a isso, consolidou-se uma nova realidade quanto à importância em considerar a complexidade, composição e equilíbrio da microbiota intestinal, um componente fundamental à saúde intestinal e ao desempenho das aves.

Também, entre os desafios observados na área de nutrição e alimentação das aves nestes últimos 15 anos, está a variação e seguida majoração no preço dos ingredientes energéticos e proteicos da ração. O milho, que no Brasil é o componente base na dieta de aves, teve seu valor de mercado sacudido por dois fatores novos: a crescente demanda para seu uso como substrato à produção de etanol e o significativo incremento nos volumes exportados, em parte facilitados pela nova logística portuária conhecida como Arco-Norte. Trata-se de uma nova realidade que, embora possa retroceder parcialmente, dificilmente voltará ao patamar anterior.

Com isso, a avaliação de alimentos continuou a ser uma vertente crucial de pesquisa e inovação no setor de frangos de corte. Para maximizar o aproveitamento dos nutrientes de um alimento é necessário conhecer, além da composição nutricional, também os fatores que dificultam sua biodisponibilidade aos animais, buscando inibi-los. Essas são linhas de pesquisa ainda em franca evolução, gerando dados de energia metabolizável, de aminoácidos digestíveis e contando com avanços no campo das enzimas exógenas e em diferentes formas de processamento.

Contribuições da Embrapa para a nutrição de frangos

A Embrapa Suínos e Aves deu sequência à tradicional linha de pesquisa em avaliação de alimentos, agora impulsionada pela disponibilidade de novos potenciais ingredientes da ração, como os coprodutos da indústria do etanol e os cereais de inverno (cujo plantio no Sul do País tende a ser incentivado). Em paralelo, como consequência da redução no uso de antimicrobianos, foi forta-

lecida a atuação na avaliação de diversos aditivos alimentares (como enzimas, fitoterápicos, prebióticos, probióticos e ácidos orgânicos), os quais visam a busca por melhor saúde intestinal e consequente maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes. Mais recentemente, a Embrapa passou a atuar também no desenvolvimento de produtos em uma formatação de codesenvolvimento com o setor privado, objetivando gerar soluções que favoreçam a saúde do trato gastrointestinal e substituam os antibióticos.

Avaliação de alimentos busca avaliar coprodutos de interesse

A avaliação de alimentos é uma das áreas da nutrição com longa tradição na Embrapa Suínos e Aves. Estes estudos se justificam devido à variação observada na composição dos principais ingredientes da ração. Isso é fato, inclusive, para o caso do milho, o componente majoritário das rações de aves no Brasil. A composição dos alimentos apresenta variação ao natural devido a vários fatores, sendo importante considerá-la e, se possível, prever o valor dos diversos nutrientes de forma rápida e economicamente viável.

Embora, tradicionalmente, as rações de aves no Brasil apresentam os ingredientes milho e farelo de soja como base para fonte de energia e proteína, eventuais substitutos são usados conforme a disponibilidade, geralmente observando a oferta nos mercados regionais. Um fato novo é o crescimento da indústria de etanol a partir de cereais, onde há potencial para disponibilizar grande volume de coprodutos que interessam à indústria de rações. Conhecer em detalhes a composição e disponibilidade de nutrientes, bem como fornecer ferramentas que possibilitem estimar o valor de energia metabolizável destes alimentos, é importante contribuição que a Embrapa pode dar aos nutricionistas.

Indústria do etanol oferece alternativas viáveis para a avicultura de corte

O ainda recente movimento de vultosos e crescentes investimentos em novos projetos para implantação de usinas de etanol no Brasil, agora também atingindo os estados do Sul, tem implicação no setor de ração para monogástricos. Por um lado, eleva-se a competição pelos grãos, por outro, é disponibilizado considerável volume de coproduto, o DDGS (do inglês Dried Distillers Grains with Solubles, ou Grãos Secos de Destilaria com Solúveis). Neste caso, trata-se de ingrediente que pode ser interessante na dieta de aves, mas que, diferente do milho, está voltado mais à parte proteica do que energética (Scheuermann; Ludke, 2022).

Devido a diferenças nos processos entre as empresas (não há padrão definido entre as usinas de etanol), há variação nestes coprodutos. É, pois, necessário

conhecer a composição nutricional e o potencial de aproveitamento biológico destes produtos para aves visando o uso eficiente dos mesmos. Ademais, grande parte da literatura neste assunto foi produzida a partir de estudos realizadas nos Estados Unidos, onde as características dos processos industriais diferem dos existentes no país.

Os trabalhos realizados in vivo com DDGS demonstraram que o valor de energia metabolizável das amostras de alta proteína (DDGS_HP) foram superiores ao DDGS convencional (2.631 vs. 2.243 kcal/kg). Esse nível de energia é superior ao farelo de soja, o que pode compensar parcialmente a deficiência proteica do DDGS em relação ao farelo (40 contra 46%). Ainda em comparação ao farelo de soja, o DDGS_HP deixa a desejar em alguns aminoácidos importantes, como lisina, triptofano e arginina, o que demandará mais da suplementação a partir de outras fontes.

Quanto aos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do DDGS, no geral tendem a ser menores do que para o milho, mas essa linha de trabalho ainda não foi executada na Embrapa. A importância em conduzir estudos para determinar os aminoácidos digestíveis é evidenciada na grande variação observada nos coeficientes de digestibilidade entre autores, sendo a maioria dos trabalhos feitos nos Estados Unidos. O destaque nessa amplitude está na lisina, onde se observam coeficientes variando de 58,3% (Adedokun et al., 2015) a 80,9% (Fries-Craft; Bobeck, 2019). Esse coeficiente é sensível às variações entre processos utilizados na indústria do etanol, especialmente na etapa de secagem. Por isso, e considerando o potencial que se vislumbra para uso deste insumo na ração de aves, deverão ser executados experimentos para determinar os aminoácidos digestíveis em futuro próximo.

Cereais de inverno são importantes para os estados de SC e RS

A busca por ingredientes alternativos tornou-se mais urgente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ambos com elevada concentração da produção animal e apresentando balanço deficitário entre produção e consumo de milho (tema tratado também no Capítulo 5). O foco das discussões tem sido o estímulo à produção de cereais de inverno, considerando o grande potencial especialmente do Rio Grande do Sul, onde em torno de 5 milhões a 6 milhões de hectares permanecem sem uso no período do inverno.

A Embrapa Suínos e Aves executou projetos de pesquisa em parceria com instituições como o Sindicato das Indústrias da Carne e Derivados de Santa Catarina (Sindicarne/SC) e a Associação das Indústrias de Carnes e Derivados de Santa Catarina (Aincadesc) para conhecer melhor a composição e o valor de energia metabolizável de amostras de trigo e triticale para frangos de corte (Bertol et al. 2021; Ludke et al., 2022b).

Os experimentos de metabolismo energético foram realizados considerando duas fases de desenvolvimento dos frangos (fase 1: 8 a 12 dias de idade; fase 2: 19 a 23 dias de idade). Os resultados para trigo e triticale indicaram que no período de 19 a 23 dias são observados melhores coeficientes de metabolização da matéria seca e da proteína bruta, obtendo-se também maior valor de energia metabolizável.

Embrapa avalia energia metabolizável de amostras de soja desativada

O fácil acesso a equipamentos para o processamento dos grãos de soja está tornando viável para pequenas indústrias produzirem soja integral desativada e assim reduzirem sua dependência do farelo de soja. Esta estratégia também torna desnecessária a aquisição de óleo para inclusão na ração. A demanda para avaliação desses ingredientes chegou à Embrapa. Foi realizada uma série de experimentos de metabolismo com frangos de corte, determinando os valores de energia metabolizável de 20 amostras obtidas de diversos fornecedores. As avaliações foram feitas em três diferentes fases de crescimento dos frangos (8 a 12, 19 a 23 e 30 a 34 dias de idade). Os valores de energia metabolizável observados elevaram-se com a idade (3.548, 3.661 e 3.738 kcal/kg na matéria seca). Em subsequente avaliação no desempenho de frangos, observou-se que a inclusão da soja desativada em níveis crescentes na idade (até atingir 20% na fase final) resultou em ganho de peso e conversão similares ao tratamento controle, com tendência a atingir resultados melhores.

Sorgo é uma opção interessante quando o plantio da soja atrasa

Outro grão que vem despertando interesse é o sorgo, por ser opção atraente para os cultivos da safrinha em diferentes regiões do Brasil, com destaque para o cerrado (Ludke et al. 2016; Ludke et al., 2022a). No geral, a soja é o primeiro cultivo, plantada no verão, e subsequentemente é plantado o milho. No entanto, quando o plantio da soja atrasa, o recomendado é plantar sorgo na segunda safra, grão que possui melhor tolerância a períodos de déficit hídrico.

No passado, um dos grandes entraves para a utilização do sorgo na alimentação de animas monogástricos foi a presença de taninos condensados. São bem conhecidos os efeitos negativos desse grupo de polifenóis na alimentação animal (capacidade de combinar proteínas que geram complexos de baixa digestibilidade). Também o valor de energia do grão é severamente reduzido na presença de taninos condensados. Entretanto, no final da década de 1990, os programas de melhoramento no Brasil fizeram um pacto de só lançarem híbridos "sem tanino", sendo que, atualmente, 99% dos sorgos graníferos cultivados no

Brasil são variedades sem tanino. Os trabalhos com sorgo na Embrapa Suínos e Aves estão em fase inicial, ocorrem em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo e buscam avaliar materiais oriundos de plantios comerciais. Nos primeiros estudos, o foco foi a composição centesimal com subsequente determinação da energia metabolizável em frangos de corte. Prevê-se que a partir de 2026 sejam realizados trabalhos também para a determinação de aminoácidos digestíveis.

Modelagem e viabilidade econômica auxiliam formuladores de ração

Entre as mais importantes contribuições que a pesquisa pode disponibilizar ao formulador das dietas estão os meios preditivos para a variável EMAn a partir de variáveis de fácil análise laboratorial. Ou, melhor ainda, predizer a partir de leitura da amostra no NIR. Quando um cereal é recebido na fábrica de ração, há significativa variabilidade quanto à composição dos grãos, o que dificulta a tomada de decisão por parte do formulador quanto ao valor nutricional e de energia metabolizável a assumir na matriz nutricional. Combinações complexas da composição química e digestibilidade dos nutrientes determinam o valor final de energia metabolizável, por exemplo.

Por isso, observa-se na literatura muitos relatos de equações de predição com base na composição química que chegam a coeficientes de determinação satisfatórios, os quais não se repetem em outros laboratórios. No caso dos cereais de inverno no laboratório da Embrapa Suínos e Aves, quando as análises se limitavam a 11 amostras, o modelo de predição baseado somente no parâmetro extrato etéreo mostrou-se razoável (R2 de 0,742 e erro de predição de 1,41%). Já quando o número de amostras aumentou, surpreendentemente, não mais chegou-se a qualquer modelo de predição razoável a partir dos dados de composição química.

Resultados mais animadores foram observados na modelagem para as amostras de DDGS de milho avaliadas. Foram observados efeitos de fase, fibra bruta e extrato etéreo dentro de fase, interação entre extrato etéreo e fibra bruta e efeito principal de amido (modelo apresenta R2 de 0,927 e erro de predição de 3,1%). Uma vez que a determinação do amido não é algo simples, outro modelo pode ser usado, mas com alguma perda na qualidade da predição. Este modelo baseia-se somente em extrato etéreo e fibra bruta (R2 de 0,908 e erro de predição de 3,7%). No caso da soja desativada, a avaliação de 20 amostras in vivo feita em três fases distintas (8 a 12, 19 a 23 e 30 a 34 dias de idade) possibilitou a obtenção de equações de predição da energia metabolizável específicas para as fases avaliadas. O ajuste do conjunto das equações para as fases pode ser verificado considerando somente o teor de proteína bruta (R2 de 0,617 e erro de predição de 2,8%) ou incluindo também o extrato etéreo das amostras (R2 de 0,752 e erro de predição de 2,4%).

Para futuro próximo, o objetivo é fazer as predições utilizando-se de NIR, com curvas devidamente calibradas, o que requer número suficiente de amostras com os valores de EMAn determinadas in vivo. A Embrapa Suínos e Aves tem formalizada cooperação com parceiros privados de atuação global no uso da tecnologia NIR (Figura 11.1). Este método preditivo tem sido empregado nas fábricas de ração como análise primeira (*screening*), avaliando parâmetros classificatórios dos ingredientes. É crescente a possibilidade de usar o equipamento inserido na linha de produção da fábrica de rações, realizando a análise dos ingredientes quase que em tempo real. Isso permitirá ajustes rápidos e precisão na constituição da dieta das aves.

Quanto à avaliação da viabilidade de inclusão de um ingrediente na dieta, é necessário conhecer e considerar sua composição nutricional e seu preço em relação aos demais ingredientes disponíveis (que contribuem com os mesmos nutrientes). Essa matriz é confrontada com a relação de exigências nutricionais, bem como suas restrições e inter-relações. Embora seja uma tarefa cotidiana do nutricionista, foi disponibilizado um exercício de cálculo para avaliar a viabilidade de inclusão de dois tipos de DDGS, de baixa ou de alta proteína (Talamini et al., 2022).

Pesquisa aprofunda conhecimento sobre aspectos antinutricionais

Quando se trata de qualidade de ingredientes, são considerados aspectos antinutricionais e pró-nutricionais. Os fatores antinutricionais são compostos que afetam negativamente a capacidade de as aves aproveitarem adequadamente o alimento, ou seja, de digerirem e absorverem os nutrientes presentes. Estes compostos são deletérios à funcionalidade dos órgãos envolvidos na digestão e absorção dos nutrientes, bem como podem afetar órgãos responsáveis pela imunidade e o sistema nervoso central. Os aspectos antinutricionais mais comuns são quatro: (1) presença de microrganismos (como *Clostridium*); (2) presença de toxinas produzidas por fungos (micotoxinas); (3) compostos presentes nos ingredientes, naturalmente produzidos pelas plantas e depositados em suas estruturas de reserva; e (4) produtos oriundos da degradação dos lipídios presentes nos alimentos.

A Embrapa tem estado atenta a aspectos como micotoxinas (Feddern et al., 2013), oxidação, microrganismos patogênicos, fatores inibidores de tripsina em leguminosas (especialmente soja e derivados) e frações indigestíveis (fitatos e polissacarídios não amídicos). No campo do controle de fungos toxigênicos (produtores de micotoxinas) e bactérias entéricas (patogênicas), pesquisas empregando ácidos orgânicos e formaldeídos foram realizadas com resultados

Figura 11.1. Tecnologia NIR (do inglês, *near infrared spectroscopy*) é um método utilizado pela Embrapa para fazer predições nutricionais mais calibradas.

promissores. Este tema é de expressiva relevância, uma vez que na realidade encontrada nos sistema de produção encontram-se lotes de ingredientes contaminados por micotoxinas e, muitas vezes, positivas para bactérias entéricas.

No caso específico das enzimas, várias pesquisas foram conduzidas avaliando seu uso na dieta de aves e considerando diferentes compostos e dosagens frente a substratos de interesse. A enzima mais estudada foi a fitase, que tem a capacidade de hidrolisar os fitatos, uma estrutura de reserva de fósforo dos grãos que não pode ser digerida por animais monogástricos, como as aves (Dallmann et al., 2023). Em geral, 60% do fósforo contido nas sementes que são utilizadas na dieta das aves não são digeridos quando não há suplementação de fitase. Nessa condição, o fósforo não digerido é excretado pelas aves.

Com a inclusão de fitase na dieta, a quase totalidade deste importante nutriente passa a ser digerido, o que implica em ganho econômico, além de importante questão de sustentabilidade devido ao menor impacto ambiental da atividade ao reduzir a excreção do nutriente. Outras enzimas, como xilanases, glucanases, amilases, mananases e proteases também têm sido avaliadas contando com a parceria da Embrapa (Bavaresco et al., 2020). A condução destes trabalhos permitiu avanço no conhecimento para a Embrapa, que por meio de publicações e palestras tem contribuído para difundir o uso de enzimas de forma eficiente.

Ao longo dos anos, as pesquisas com enzimas alavancaram avanço do conhecimento também em outras áreas, como, por exemplo, a revisão dos níveis de cálcio e fósforo na dieta de aves e um aprofundamento das características das diferentes fontes de calcário calcítico utilizados na nutrição animal. A solubilidade do calcário, antes pouco considerada, pode afetar diretamente a digestibilidade de nutrientes, inclusive provocando impacto negativo sobre a efetividade de enzimas na nutrição.

Outro avanço decorrente das pesquisas com enzimas foi a melhor compreensão da sinergia entre enzimas nas dietas de aves. Os ganhos que as enzimas proporcionam no desempenho, embora relativamente pequenos, são economicamente interessantes e ambientalmente desejados. Contudo, para captar estes ganhos em experimentos, foi necessário fazer adaptações metodológicas, especialmente aumentando o número de repetições, o que implica em maior número de animais. Isso tem consequências no custo dos experimentos e questões relacionadas com a ética no uso de animais. Ainda na área de antinutrientes, foi realizada pesquisa para prevenir oxidação ou promover a estabilidade oxidativa do farelo de arroz integral.

O estudo avaliou combinações de antioxidantes e aditivos para atuar como inibidores de enzimas naturais do farelo de arroz, como lipase e lipoxigenase

(Gopinger et al., 2019a, 2019b). A atuação no campo da oxidação de alimentos propiciou importantes avanços no conhecimento e a aquisição de equipamentos específicos, como o Rancimat. Na sequência, outros projetos foram incorporados na agenda de pesquisa com foco na implantação de metodologias para avaliar a estabilidade oxidativa de novos ingredientes, na ação antioxidante de moléculas e na quantificação residual de antioxidantes em ingredientes e rações.

Outra frente importante que a Embrapa Suínos e Aves abordou foi a questão de fatores inibidores de tripsina em soja e derivados. Foram realizadas pesquisas em parceria com empresas privadas para avaliar a qualidade de farelos de soja em relação ao conteúdo de inibidores de tripsina e sua correlação com indicadores indiretos (urease). Os resultados sugerem que existe espaço para o desenvolvimento de metodologias mais rápidas e assertivas (Krabbe et al., 2022a). Os trabalhos avaliando derivados da soja, como soja integral desativada, soja extrusada semi-integral e proteína isolada de soja são feitos com base em interessante modelo de parceria de ganho mútuo. A Embrapa teve a oportunidade de compreender melhor os processos industriais utilizados na indústria, enquanto ao parceiro foi oferecida uma análise técnica sobre o processo e a qualidade do produto final.

Outra área de pesquisa na qual a Embrapa Suínos e Aves atuou foi na avaliação de fontes de minerais complexados a compostos orgânicos e que, por isso, apresentam maior absorção em comparação às fontes convencionais. Em média, estas fontes de minerais são pelo menos duas vezes mais biodisponíveis, o que significa que é possível nutrir adequadamente aves com menor nível de minerais na formulação. Além disso, os compostos orgânicos, diferente das fontes convencionais como sulfatos e óxidos, não apresentam qualquer nível de agressão à mucosa do sistema digestório. Convém considerar que todo dano tem necessariamente um custo metabólico às aves, o que impacta o desenvolvimento corporal e a eficiência alimentar. Por certo, novas tecnologias nas áreas da biotecnologia e nanotecnologia trarão significativas contribuições quando se trata de nutrientes de alta biodisponibilidade.

Para que estes estudos pudessem ser realizados, a Embrapa também desenvolveu uma metodologia que se consolidou ao longo dos anos. Esta metodologia consiste em desafiar as aves por meio da exposição controlada a uma associação de vacina e uma bactéria causadora de distúrbios digestivos, com aplicação via oral. Na prática, o modelo experimental precisa gerar distúrbios no sistema digestório, sem, no entanto, causar uma enfermidade às aves. Vários produtos foram avaliados utilizando esta metodologia, beneficiando a avicultura brasileira por meio de subsídios à tomada de decisão quanto a novas estratégias de produção sem o uso de antibióticos melhoradores de desempenho zootécnico nas dietas.

Novas formas para determinar a homogeneidade de misturas

Os cuidados e tecnologias empregadas na elaboração das rações também têm impacto na eficiência alimentar. Além da formulação específica para cada fase de desenvolvimento, inclusive com dietas distintas para machos e fêmeas, o processo de preparo da ração deve estar adequado para que a composição nutricional planejada se confirme. As aves, em decorrência das características peculiares de seu sistema digestório, respondem bem à forma como os ingredientes são triturados (tamanho ideal de partículas e sua uniformidade) e aos processos térmicos aplicados às rações. De início, após a tritura dos ingredientes, a qualidade da mistura é um ponto crítico no processo, que muitas vezes não é devidamente considerado. A uniformidade da mistura constitui um parâmetro de qualidade na indústria de ração, sendo que as boas práticas de fabricação (BPF) preconizam teste de homogeneidade de misturas. Este assunto é objeto de trabalhos na Embrapa, onde novas formas para determinar a homogeneidade de misturas estão em discussão.

A peletização, outra etapa tecnológica de grande impacto na qualidade da ração, também tem sido tema de pesquisa na Embrapa em parceria com a universidade (Massuquetto et al., 2016). Vale mencionar que a Embrapa é uma das poucas instituições de pesquisa com instalações experimentais que possibilitam este tipo de trabalho experimental. Ao longo dos anos, aditivos surfactantes (que melhoram a dinâmica da água na massa) foram avaliados, onde uma série de parâmetros operacionais e de qualidade são medidos. Em geral, a expectativa de ganhos ocorre em duas frentes: a operacional (na fábrica de ração) e de eficiência alimentar (na produção das aves).

Do ponto de vista de ganhos operacionais, são afetados a produtividade (quantidade de alimento produzido por hora), a eficiência energética (quantidade de quilowatts consumidos por tonelada de alimento) e o desgaste dos componentes da máquina peletizadora. Por outro lado, é necessário considerar a qualidade dos pellets, a qual é determinada por meio de ensaios de laboratório. Os principais aspectos avaliados são: dureza e durabilidade do pellet, percentual de pellets íntegros ao final do resfriamento do alimento, atividade de água, umidade, ângulo de repouso e densidade. Cada ingrediente da ração das aves de alguma forma afeta o processo de peletização e a qualidade final do pellet (Marx et al., 2021). Por isso, além dos aditivos surfactantes já mencionados, é também avaliada a dinâmica dos diferentes ingredientes na peletização.

Não menos importante no tema peletização é a avaliação do percentual de recuperação dos princípios ativos suplementados à mistura de ração. Esta é

outra frente de atuação da Embrapa, sendo que a preocupação com perdas se deve ao calor utilizado no processo por meio da adição de vapor de água, o qual pode comprometer algumas moléculas sensíveis. O foco está em minimizar as perdas de probióticos, vitaminas, enzimas ou medicamentos que são sensíveis a temperaturas elevadas.

Estudo avalia o uso de desidratado proteico de peixe em rações

Os temas economia circular e agregação de valor também estiveram presentes na agenda de pesquisa da Embrapa Suínos e Aves. É o caso do projeto que se originou a partir de outra cadeia de produção de proteína animal, da tilápia, de cujo abate são aproveitados para consumo humano apenas 33% do peso corporal. Os remanescentes dois terços são disponibilizados como subproduto, geralmente demandando câmaras frias para posterior coleta e encaminhamento às graxarias. Trata-se de um subproduto com alto risco de contaminação ambiental, a depender do tratamento e destino que lhe é dado.

Atendendo demanda do sistema produtivo de peixes, um projeto foi conduzido para beneficiar as sobras do processamento de pescado imediatamente pós-filetagem, o que resultou em um novo ingrediente para alimentação animal, o DPP (Desidratado Proteico de Peixes). Foi desenvolvido o sistema de produção e estabelecido o procedimento operacional (Krabbe et al., 2022b). Os lotes de material processado foram avaliados quanto à inocuidade em relação a microrganismos. Além disso, ensaios com aves foram realizados obtendo-se resultados de desempenho zootécnico convincentes.

Descontaminação e condicionamento térmico da água

Na área da nutrição de aves, é imprescindível trabalhar aspectos de aproveitamento da água da chuva e de condicionamento da água de bebida (Figura 11.2). O tema água é estratégico e de demanda crescente. A Embrapa dedicou esforço por meio de projeto de pesquisa avaliando fontes de água para dessedentação (poço artesiano e água da chuva) combinado a tecnologias de descontaminação e condicionamento térmico. As avaliações foram feitas tanto no desempenho das aves quanto na metabolização de nutrientes com frangos de corte. Apesar da preocupação quanto à inocuidade microbiológica da água da chuva colhida a partir de telhados de instalações, viabilizar o aproveitamento da água da chuva é crucial para a sustentabilidade do sistema produtivo, sendo um importante desafio às instituições de pesquisa. Ademais, essa fonte possibilita disponibilizar aos animais água com padrões definidos quanto às características físico-químicas.

Foto: Jairo Backes

Figura 11.2. A qualidade da água é um dos elementos mais importantes na busca por melhor desempenho na avicultura.

Embrapa dá apoio importante ao regime aduaneiro de drawback

Comprometida com a sustentabilidade da avicultura e atendendo à demanda do setor, a Embrapa Suínos e Aves, desde a década de 1990, elabora os laudos técnicos para a conversão entre insumos e produtos exportados necessários para a utilização do regime de drawback. O processo foi melhorado a partir de 2008, quando em parceria com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) foram desenvolvidas planilhas eletrônicas (Scheuermann; Ludke, 2017). O drawback é um regime aduaneiro especial criado em 1966, aceito pela Organização Mundial do Comércio (OMC), que se constitui em importante política pública de apoio à produção e comercialização das carnes de aves e de suínos e de ovos (Scheuermann et al., 2015).

O regime visa estimular as exportações com base na premissa de não exportar impostos. A melhora na competitividade internacional é decorrente da redução no custo dos produtos exportados pela isenção ou suspensão dos tributos incidentes nos insumos usados na produção destes bens (Talamini et al., 2017). As planilhas disponibilizadas pela Embrapa são interativas e contemplam a conversão entre insumos e produtos para as cadeias produtivas de frangos, suínos, perus e ovos para uso nos cálculos de drawback.

Além de maior facilidade ao usuário, as planilhas evitam a sobreposição de insumos substitutos. Este material requer atualização contínua a depender de novos produtos a exportar ou de insumos a serem inseridos ou excluídos. Trata-se de importante contribuição da Embrapa para a competitividade internacional das cadeias produtivas.

Novas oportunidades de pesquisa e desafios futuros

A Embrapa Suínos e Aves, por meio das pesquisas em nutrição de aves, cumpriu um papel de suporte para propiciar o contínuo progresso observado no desempenho do frango de corte brasileiro.

Os desafios são contínuos e, conforme relatado, há avanços a serem galgados nas diferentes frentes com foco na busca por melhor eficiência alimentar. Para esse objetivo, continuará sendo importante a tradicional linha de pesquisa que visa conhecer melhor os alimentos, agora contando com novas opções de ingredientes como é o caso dos coprodutos da indústria de etanol a partir de milho ou cereais de inverno.

No estudo dos alimentos, vale destacar o crescente interesse no desenvolvimento de tecnologias preditivas da composição nutricional e do valor de energia metabolizável dos alimentos, especialmente a tecnologia NIR. Não menos

importante será a continuidade da busca por melhorias no processamento e preparo das rações, bem como a participação em iniciativas buscando avaliar e desenvolver novas alternativas para mitigar os efeitos da crescente restrição do uso de antimicrobianos na produção de frangos.

Referências

ADEDOKUN, S. A.; JAYNES, P.; PAYNE, R. L.; APPLEGATE, T. J. Standardized ileal amino acid digestibility of corn, corn distillers' dried grains with solubles, wheat middlings, and bakery by-products in broilers and laying hens. **Poultry Science**, v. 94, n. 10, p. 2480-2487, 2015. DOI: 10.3382/ps/pev226.

BAVARESCO, C.; KRABBE, E. L.; GOPINGER, E.; SANDI, A. J.; MARTINEZ, F. N.; WERNICK, B.; ROLL, V. F. B. Hybrid phytase and carbohydrases in corn and soybean meal-based diets for broiler chickens: performance and production costs. Brazilian **Journal of Poultry Science**, v. 22, n. 1, 2020. DOI: 10.1590/1806-9061-2019-1178.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N. Utilização de cereais de inverno na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA FACTA WPSA-BRASIL, 38. Online. **Avicultura, recalculando...** Campinas: FACTA, 2021.

DALLMANN, H. M.; AVILA, V. S. de; KRABBE, E. L.; SUREK, D.; BEDENDO, G. C.; TOLEDO, T. S.; DALLMANN, P. R.; ROLL, A. A. P.; ROLL, V. F. B.; RUTZ, F. Different phytase levels and energy densities in broiler diets on performance, nutrient digestibility, and bone integrity from 28 to 35 days of age. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, n. 2, p.280-292, 2023.

FEDDERN, V.; DORS, G. C.; TAVERNARI, F. de C.; MAZZUCO, H.; CUNHA JUNIOR, A.; KRABBE, E. L.; SCHEUERMANN, G. N. Aflatoxins importance on animal nutrition. In: RAZZAGHI-ABYANEH, M. (Ed.). **Aflatoxins**: recent advances and future prospects. Rijeka: InTech, 2013. p. 171-195.

FRIES-CRAFT, K.; BOBECK, E. A. Evaluation of a high-protein DDGS product in broiler chickens: performance, nitrogen-corrected apparent metabolisable energy, and standardised ileal amino acid digestibility. **British Poultry Science**, v. 60, n. 6, p. 749-756. DOI: 10.1080/00071668.2019.1652884.

GOPINGER, E.; XAVIER, E. G.; ZIEGLER, V.; LOPES, D. C. N.; KRABBE, E. L.; NUNES, A. P.; ELIAS, M. C. Effects of stored whole rice bran treated with organic acids on the performance, nutrient digestibility, intestinal mucosa morphometry, and bone characteristics of broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, n. 4, p. 724-731, 2019a. DOI: 10.1139/cjas-2017-0128.

GOPINGER, E.; KRABBE, E. L.; AVILA, V. S. de; SUREK, D.; LOPES, L. dos S. Stabilization of rice bran in broiler feed with natural and synthetic antioxidants and heat treatment. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 4, 2019b. DOI: 10.1590/1806-9061-2019-1062.

KRABBE, E. L.; GOPINGER, E.; CARVALHO. J. E. **Monitoramento da qualidade de soja integral desativada**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 12 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 600).

KRABBE, E. L.; AVILA, V. S. de; KAWSKI, V. L.; BEZERRA, N. dos S. **Produção de desidratado proteico de peixes (DPP)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 12 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 591).

LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Alternativas ao milho na fabricação de rações para a avicultura. **Avicultura Industrial**, ed. 1317, ano 113, n. 3, p. 10-19, 2022a.

LUDKE, J. V.; BERTOL, T. M.; SCHEUERMANN, G. N. **Cereais de inverno na alimentação de suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022b. 6 p. Folder.

LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; ZANOTTO, D. L. Milho e sorgo na alimentação de suínos e aves. 2016. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo**: inovações, mercado e segurança alimentar: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. p. 126-145.

MARX, F. O.; PANISSON, J. C.; ALMEIDA, L. M.; KRABBE, E. L.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, S. G. Performance of broilers fed mash or pelleted diets containing different soybean meal particle sizes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e02047, 2021. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02047.

MASSUQUETTO, A. ; DURAU, J. F. ; SCHRAMM, V. G. ; NETTO, M. V. T. ; KRABBE, E. L.; MAIORKA, A. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, p. 51-58, 2017. DOI: 10.3382/japr/pfx039.

SCHEUERMANN, G. N.; TALAMINI, D. J. D.; SANTOS FILHO, J. I. dos; SILVA, R. da S. O regime de drawback como estímulo às exportações de aves. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1248, ano 107, n. 9, p. 20-25, 2015.

SCHEUERMANN, G. N.; LUDKE, J. V. **Equivalência entre insumos e produtos para suporte ao Regime de Drawback na cadeia de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 7 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 550).

SCHEUERMANN, G. N.; LUDKE, J. V. Considerações para o uso de DDGS em frangos de corte. **Avicultura Industrial**, ed. 1322, ano 114, n. 8, p. 14-19, 2022.

TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SANTOS FILHO, J. I. dos; SILVA, R. da S. Drawback como apoio às exportações brasileiras da suinocultura e avicultura. 2017. In: SALÃO INTERNACIONAL DE AVICULTURA E SUINOCULTURA, 2017, São Paulo. **Anais**: palestras. São Paulo: ABPA, 2017. p. 68-70.

TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. **Viabilidade do uso de DDGS e DDG de milho na alimentação de frangos e suínos em Santa Catarina**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 11 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 594).

CAPÍTULO 12

Foco de trabalho em biosseguridade

Ana Paula Almeida Bastos, Clarissa Silveira Luiz Vaz, Daiane Voss Rech, Iara Maria Trevisol, Luizinho Caron e Paulo Augusto Esteves

Sanidade avícola contribui para o crescimento da produção de aves | 1975–2010

As atividades de pesquisa em sanidade avícola na Embrapa Suínos e Aves iniciaram na década de 1980, período em que a equipe de empregados e colaboradores estava sendo treinada e os laboratórios equipados. A Unidade dispunha de bolsas de iniciação científica da Embrapa e do CNPq. Médicos veterinários, biólogos e profissionais convidados do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) compuseram o quadro de pesquisadores inicial do laboratório.

Inicialmente, as pesquisas em virologia aviária se concentraram em enfermidades neoplásicas e imunodepressoras, como leucose linfoide (LL), doença de Marek e doença de Gumboro. Ainda na virologia, foram iniciados na época os estudos sobre a bronquite infecciosa das galinhas (BIG). Foram isoladas amostras brasileiras da BIG e, na sequência, foi determinada a relação antigênica entre diferentes amostras do vírus isoladas no Brasil e amostras de referência.

Com o propósito de facilitar o monitoramento sorológico em aves, no final dessa década, foi disponibilizado o ensaio imunoenzimático de índice chamado Avelisa. Outras contribuições da Embrapa Suínos e Aves nos anos 1980 foram o primeiro isolamento do vírus da anemia infecciosa das galinhas (CAV) no Brasil e o apoio à produção nacional de antígenos para o monitoramento da micoplasmose aviária.

Nos anos 1990 as pesquisas passaram a ser executadas por meio de projetos estratégicos ligados a demandas da cadeia produtiva de aves. A produção científica foi intensificada e os resultados também passaram a ser veiculados por meio de documentos técnicos (Série Embrapa) voltados a profissionais da assistência técnica e produtores. Destaques do período são a disponibilização de informações sobre programas de biosseguridade nos plantéis avícolas, programas de vacinação e higienização e controle da coccidiose. Também foram disponibilizadas orientações sobre o controle de pragas como moscas e cascudinhos.

Comprometida com o esforço para estabelecer programas de cooperação entre instituições públicas e privadas, a pesquisa em sanidade avícola foi diversificada nos anos 1990. Estudos com doenças metabólicas, parasitárias e da produção passaram a compor o portfólio de projetos da Unidade e a investigação das enfermidades infecciosas ganhou proeminência. Além disso, como apoio às políticas públicas no âmbito da sanidade avícola, a Embrapa Suínos e Aves participou do Comitê Consultivo do Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA). O PNSA estabeleceu os procedimentos para registro, fiscalização e o controle sanitário dos estabelecimentos avícolas.

Outros destaques do período foram as pesquisas em leucose aviária, micoplasmoses, doença de Gumboro, anemia infecciosa das aves, doença de Newcastle, coccidioses e doenças metabólicas, com ênfase na síndrome ascítica dos frangos. Também foram ampliadas as pesquisas sobre as micoplasmoses aviárias, com a disponibilização do primeiro antígeno nacional para o teste de soroaglutinação rápida (SAR) para o diagnóstico do *Mycoplasma synoviae* (SM) em 1994.

Em 2003, a avicultura mundial se deparou com a ameaça da influenza aviária. A Embrapa Suínos e Aves, em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e secretarias regionais, ministrou cursos, disponibilizou cartilhas e vídeos com informações sobre a prevenção da doença. A Embrapa ainda colaborou com o Laboratório Nacional Agropecuário (Lanagro), entre 2006 e 2008, na implantação do laboratório de diagnóstico molecular de influenza aviária e doença de Newcastle. Decorrente dessa parceria, foi disponibilizado diagnóstico molecular para o vírus de Newcastle e da influenza aviária, agilizando o monitoramento dessas enfermidades.

"O crescimento da avicultura nacional entre 1980 e 2010 contou com o apoio da Embrapa no desenvolvimento de **soluções em sanidade avícola**."

Outras doenças da produção, como anemia das galinhas e problemas tegumentares, também foram objeto de pesquisa. Estudos com o vírus da anemia infecciosa das aves (CAV) foram retomados, para verificar a possível persistência desse agente. Dentre as afecções tegumentares foi dada especial atenção à dermatite necrótica (celulite dos frangos) e às dermatoses (lesões tegumentares inespecíficas). Outros destaques dos anos 2000 foram a estruturação do Comitê de Ética para Uso de Animais em Pesquisa (Ceua) e o credenciamento do banco de microrganismos da Embrapa Suínos e Aves junto ao Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN), como Instituição Fiel Depositária de subamostra de componente do patrimônio genético para a Coleção de Microrganismos de Interesse para Suinocultura e Avicultura (Cmisea).

Foco de trabalho em biosseguridade

Em sistemas de criação intensiva, as doenças infecciosas, zoonóticas e de produção têm maior impacto devido à proximidade entre animais, contato com fômites e vetores, aumentando o risco de introdução e disseminação de patógenos. A prevenção é prioridade e envolve estratégias nutricionais, fisiológicas, ambientais e sanitárias, com práticas de biosseguridade adaptadas a fatores como tipo de criação, densidade animal e interação entre lotes. O acesso de pessoas às unidades de produção de aves e suínos durante o alojamento aumenta o risco de introdução de patógenos. Visitantes com alta frequência em diferentes estabelecimentos avícolas devem seguir rigorosamente os protocolos de biosseguridade. Contudo, trabalhadores fixos também precisam aderir com o mesmo rigor, uma vez que qualquer entrada pode representar um risco. Procedimentos de biosseguridade devem ser uniformes para visitantes e funcionários, mantendo, assim, o controle operacional da mitigação de riscos e reduzindo a chance de introdução ou disseminação de agentes infecciosos.

Microrganismos indicadores de biosseguridade em aves

Considerando o risco de introdução de patógenos nas unidades de produção de suínos e aves devido ao acesso de pessoas, dois grupos de microrganismos indicadores são relevantes: (1) aqueles que causam doenças específicas em

aves ou suínos e podem ser transportados indiretamente por humanos como vetores mecânicos e (2) microrganismos zoonóticos que infectam tanto humanos quanto animais, podendo ser excretados por indivíduos infectados ou portadores assintomáticos, atuando como vetores biológicos. As características de transmissão e sobrevivência desses patógenos, muitos deles notificáveis à Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) e com impacto econômico significativo devido à eliminação de lotes e perda de mercados, têm sido foco de diversas ações promovidas pela Embrapa Suínos e Aves nos últimos anos.

Embrapa cumpre papel importante no controle da influenza aviária

A influenza aviária (IA) é uma doença causada pelo vírus influenza A (VIA), família Orthomyxoviridae, classificado em subtipos com base nas proteínas hemaglutinina (H) e neuraminidase (N). Os subtipos H5 e H7 estão frequentemente associados à influenza aviária de alta patogenicidade (IAAP), enquanto os demais geralmente resultam em cepas virais de baixa patogenicidade (IABP). Alguns subtipos, como H5, H7 e H9, podem infectar humanos esporadicamente e, em caso de mutações, representam risco de transmissão entre humanos, com potencial pandêmico.

Em aves infectadas pelo VIA, os sinais clínicos variam conforme o sistema imunológico, a cepa viral, coinfecções e condições ambientais. A IAAP pode causar morte súbita, problemas respiratórios, neurológicos e reprodutivos, enquanto a IABP é geralmente assintomática em aves silvestres e causa poucos ou nenhum sintoma em aves domésticas. Devido à semelhança com outras doenças, o diagnóstico definitivo requer testes laboratoriais e a notificação à OMSA é obrigatória para casos de IAAP em qualquer ave e para IABP em aves domésticas ou cativas quando há transmissão para humanos ou aumento inesperado da virulência.

Desde 2005, os subtipos H5 e H7 têm causado surtos em 114 países, com grande impacto em aves comerciais, sobretudo na Ásia e Europa. A maior epidemia de IAAP ocorreu a partir de 2021, com o subtipo H5N1, amplamente disseminado devido à migração de aves silvestres. Na América do Sul, os primeiros surtos surgiram em 2022 e, em 2023, 14 países da região já haviam registrado casos. No Brasil, o primeiro foco foi detectado em 15 de maio de 2023, no Espírito Santo, com casos confirmados em sete estados litorâneos, principalmente em aves marinhas silvestres. Até o momento (2025), não há registros da doença em granjas comerciais, mantendo o status do país como livre de influenza aviária de alta patogenicidade.

Quando dos primeiros casos de vírus influenza A de alta patogenicidade (H5N1) no Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) decretou estado de emergência zoossanitária em todo o território nacional por um período de 180 dias, a partir de 22 de maio de 2023. Na época, a Embrapa Suínos e Aves colaborou com

as ações do Mapa e continua a cumprir um papel crucial ao fornecer informações, recomendações e orientações sobre práticas de biossegurança relacionadas à influenza aviária. Suas ações incluem esclarecer sobre a doença, seus potenciais impactos no Brasil, sua relação com a saúde pública e as consequências para a cadeia produtiva da avicultura, além de subsidiar, quando necessário, decisões dos órgãos competentes. Dessa forma, a Embrapa tem dado contribuições fundamentais na resposta à influenza aviária no Brasil, atuando como mediadora, quando necessário, entre as autoridades sanitárias e o setor produtivo.

Desde a confirmação dos primeiros casos no país, a Unidade se dedicou a orientar os produtores rurais, fornecendo informações confiáveis e promovendo práticas essenciais de biosseguridade em granjas. Como parte dessas ações, foram oferecidas palestras, publicados comunicados técnicos e boletins informativos para apoiar a disseminação de boas práticas. Além disso, novas frentes de pesquisa foram iniciadas, incluindo o desenvolvimento de uma vacina inovadora contra o vírus H5N1, com marcadores que permitem diferenciar animais infectados de vacinados. Paralelamente, a instituição está trabalhando no desenvolvimento de equipamentos para a depopulação em massa de aves, buscando soluções que atendam às exigências sanitárias de forma eficiente e ética.

Vacina inovadora contra o vírus da doença de Newcastle

A doença de Newcastle é uma infecção viral altamente contagiosa que afeta aves, tanto selvagens quanto domésticas, causada pelo vírus da doença de Newcastle (DNC), pertencente à família Paramyxoviridae e ao gênero *Avulavirus*. O vírus possui um genoma de RNA de fita simples e negativa, envolto por um envelope lipídico com glicoproteínas de superfície (F e HN) responsáveis pela ligação e liberação do vírus nas células. O genoma codifica seis polipeptídeos essenciais para sua replicação e estruturação.

Três cepas principais de DNC com diferentes níveis de virulência podem resultar em três formas da doença, incluindo a cepa lentogênica (menos virulenta), que causa doença leve, a cepa mesogênica (moderadamente virulenta), que causa doença moderada, e a cepa velogênica (altamente virulenta), que resulta em uma forma grave da doença com alta taxa de mortalidade. Portanto, a gravidade da doença varia conforme a espécie infectada e a patogenicidade da cepa viral, podendo resultar em infecções subclínicas ou doenças respiratórias e neurológicas de alta mortalidade. Cepas altamente patogênicas (velogênicas) são de notificação obrigatória devido aos seus impactos na saúde animal e ao comércio internacional. O vírus pode viver por várias semanas em um ambiente quente e úmido em penas, esterco e outros objetos inanimados.

A principal fonte de DNC são aves infectadas ou portadoras, tanto domésticas quanto silvestres. Essas aves eliminam o vírus através de secreções respiratórias, fezes e outros fluidos corporais. A transmissão ocorre por inalação de aerossóis contaminados ou ingestão de partículas virais presentes nas fezes. O vírus também pode se disseminar por meio de objetos ou materiais contaminados, como ração, água, equipamentos, roupas e calçados, que transportam o agente entre aves suscetíveis, granjas e regiões. Após a infecção, os sintomas geralmente aparecem entre dois e 12 dias.

A doença de Newcastle representa um risco significativo para a avicultura brasileira dado o papel do Brasil como maior exportador mundial de carne de aves e a importância econômica e social do setor. Estratégias de vacinação são essenciais tanto na avicultura comercial quanto na familiar, servindo como ferramentas fundamentais de proteção e prevenção sanitária.

A vigilância epidemiológica desempenha um papel crítico na detecção precoce de casos de influenza aviária e doença de Newcastle em populações de aves domésticas e silvestres. Além disso, é indispensável demonstrar a ausência dessas doenças na avicultura industrial, conforme as diretrizes internacionais de vigilância, viabilizando o comércio global. A vigilância também monitora a ocorrência de cepas virais de influenza aviária, fornecendo informações valiosas para a formulação de estratégias integradas de saúde pública e saúde animal. Este conjunto de ações é essencial para preservar a competitividade do Brasil no mercado internacional e garantir a sustentabilidade do setor avícola nacional.

Em 2018, a equipe da Embrapa desenvolveu uma vacina inovadora à base de virossomas contra o vírus da doença de Newcastle. Trata-se de uma vacina inativada, ou seja, com o vírus morto, que induziu uma resposta imunológica robusta, tanto humoral quanto celular, nas aves vacinadas. Os estudos realizados demonstraram uma eficácia de 96%, evidenciando o potencial da vacina em proteger as aves contra a doença e contribuindo para o controle dessa enfermidade na avicultura.

Em julho de 2024, foi confirmado um foco da DNC em uma granja de frangos de corte no município de Anta Gorda, no Rio Grande do Sul, após a morte de 7 mil aves na mesma granja. O episódio foi comunicado à OMSA. O surto de DNC de 2024 representa a primeira grande ocorrência desde o último surto em 2006. Para conter a propagação da doença, medidas emergenciais foram implementadas, incluindo a restrição à movimentação de animais, intensificação da vigilância sanitária em um raio de 10 km ao redor do local afetado e reforço nas práticas de biosseguridade. As autoridades estabeleceram um período de 42 dias de monitoramento para garantir a erradicação do vírus antes de permitir a retomada das atividades na granja. Nenhum caso novo foi identificado em regiões vizinhas ao local do surto de 2024.

Definição de indicador viral para o reúso seguro da cama de aviário

A compartimentação é um conceito desenvolvido pela OMSA que reconhece subpopulações de animais com status sanitário diferenciado dentro do território dos países-membros. Esse status é determinado, primariamente, pela aplicação de medidas específicas de manejo e biosseguridade. Além de apoiar o controle e a prevenção da disseminação de doenças animais, a compartimentação garante o comércio irrestrito de produtos mesmo em situações de alerta sanitário em outras regiões do país. Subpopulações de aves com status sanitário diferenciado para doenças de notificação obrigatória, como a doença de Newcastle e a influenza aviária, representam um diferencial importante para a cadeia produtiva avícola brasileira. Esse destaque se deve à posição do país como produtor e exportador de carne de frango, a importância da atividade para a economia e pela ocorrência de casos de IA em aves de subsistência e de vida livre e de DNC em granjas comerciais.

A Instrução Normativa nº 21, de 21 de outubro de 2014, do Mapa estabeleceu normas técnicas para a certificação sanitária da compartimentação avícola para IA e DNC (Brasil, 2014). Entre os procedimentos adicionais de biosseguridade exigidos para compartimentos avícolas está o manejo da cama aviária (Figura 12.1). O reúso da cama é um fator importante na viabilidade econômica da produção de frangos de corte e para a redução de seu impacto ambiental, mas deve ser respaldado por garantias quanto à saúde das aves. Nas granjas localizadas em compartimentos avícolas certificados quanto ao status de DNC e IA, a cama reutilizada deve, obrigatoriamente, ser submetida a tratamento eficaz contra ambos os vírus. Contudo, os efeitos desses tratamentos sobre vírus aviários careciam de comprovação científica, dificultando tanto as orientações aos produtores quanto a fiscalização pelo Mapa.

Como contribuição da Embrapa para avaliar a segurança da cama de frango tratada para reúso entre lotes e, considerando as restrições na manipulação e experimentação com os vírus da DNC e IA, uma pesquisa foi conduzida usando um indicador viral, o vírus da doença infecciosa da bursa (VDIB). Essa estratégia demonstrou que o tratamento da cama por meio de cobertura plana com lona durante 12 dias é capaz de inativar o VDIB (um modelo viral altamente resistente ao ambiente). Assim, o método pode ser recomendado para eliminar vírus aviários residuais com características de resistência inferiores ou equivalentes. Por outro lado, o tratamento com aplicação de cal (600 g/m^2) por dois dias não foi suficiente para inativar o VDIB.

Esses resultados embasam cientificamente o Serviço Veterinário Oficial (SVO), auxiliando na auditoria dos procedimentos exigidos para a certificação

Foto: Jairo Backes

Figura 12.1. Cama de aviário preparada para o alojamento de frangos.

dos compartimentos avícolas. Eles também apoiam a tomada de decisão quanto ao tratamento para o reúso rotineiro da cama entre lotes de frangos e para seu descarte seguro. Além disso, os achados podem beneficiar outras granjas que enfrentam problemas sanitários virais, contribuindo para a manutenção da saúde avícola e para a competitividade da avicultura de corte brasileira frente a outros países produtores.

Outros desafios sanitários enfrentados pela avicultura

A avicultura mundial está em constante evolução na busca por melhores índices produtivos, e, apesar de avanços terem sido alcançados por meio de melhorias genéticas e implementação de novas tecnologias, os problemas sanitários ainda são responsáveis por prejuízos significativos. Nesse contexto, agentes virais estão cada vez mais presentes.

Embrapa estuda reovírus com foco em perdas ocorridas no abate

O reovírus aviário é um vírus não envelopado, pertencente à família Reoviridade, gênero *Orthoreovirus*, cujo genoma é composto por RNA fita dupla dividido em 10 segmentos. A tendinite e tenossinovite causadas por reovírus são problemas de saúde especialmente relevantes em aves de corte, reconhecidos desde 1954. No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, o reovírus começou a causar grandes perdas de desempenho, aumento da mortalidade e maior índice de condenações em lotes de perus e, principalmente, de frangos de corte. Em resposta, foi desenvolvida e disponibilizada no mercado uma vacina contra o reovírus do cluster 1, que conseguiu controlar a doença com eficácia.

Atualmente, a tendinite/tenossinovite figura entre as principais causas de condenação em muitos lotes de frangos abatidos. Apesar de ser um problema sério causado pelo reovírus aviário, sua principal consequência para a indústria avícola não está apenas na doença em si, mas no represamento de aves no Departamento de Inspeção Final (DIF) devido ao elevado número de condenações, sejam elas parciais ou, em alguns casos, totais. Esse represamento gera atrasos no abate, impedindo que o número mínimo de aves previsto seja atingido. Em muitos casos, cargas de aves vivas precisam retornar ao campo para serem abatidas posteriormente, o que resulta em aumento de peso e, consequentemente, em novas condenações por causas como dermatites provocadas por arranhões e contaminações.

Isso ocorre porque, após o jejum pré-abate que não foi realizado, as aves precisam ser alimentadas novamente. Esses atrasos também comprometem o

cumprimento das cotas diárias de cada abatedouro, afetando contratos e metas de entrega de carne de frango e seus derivados. Além disso, os abates extraordinários constituem outra fonte de perdas, pois os abatedouros são forçados a convocar os colaboradores para turnos extras, frequentemente aos finais de semana, o que aumenta os custos e reduz a competitividade.

Atualmente, é possível identificar cerca de sete clusters genotípicos distintos de reovírus aviários. No entanto, a vacina contra o cluster 1, única disponível no mercado, não oferece proteção contra os demais genótipos, dificultando o controle da doença. Muitas empresas têm utilizado vacinas autógenas com resultados variáveis, que vão desde a piora do quadro clínico até a obtenção de controle eficaz. Um dos principais desafios no controle é o diagnóstico preciso dos clusters presentes no campo e em matrizeiros, bem como a seleção correta das cepas utilizadas para a produção das vacinas autógenas. Caso o diagnóstico seja inadequado, o controle da doença é ineficaz.

Outro desafio significativo está relacionado à legislação vigente sobre vacinas autógenas, que exige a troca de todas as cepas a cada 1,5 ano. Essa regra dificulta ou até inviabiliza, em casos de doenças virais, a realização de um levantamento completo para identificar as principais cepas necessárias para a composição das vacinas. Nas matrizes, diversas doses de vacinas, tanto vivas quanto oleosas, são aplicadas para garantir a proteção dos pintinhos, que são mais vulneráveis nos primeiros 14 dias de vida. Além disso, o reovírus pode ser transmitido verticalmente das matrizes para a prole.

Entre 2014 e 2018, pesquisadores de virologia e patologia do laboratório de genética e sanidade animal da Embrapa Suínos e Aves foram frequentemente procurados para diagnosticar e identificar os agentes responsáveis por surtos de tenossinovite. Inicialmente, os surtos estavam relacionados a problemas na aplicação ou à ausência de vacinação contra o vírus do cluster 1. No entanto, após 2018, novos clusters começaram a ser identificados, acompanhados por quadros clínicos mais graves durante o abate. Diferentemente dos quadros observados nas décadas de 1970 e 1980, atualmente a enfermidade não compromete o desempenho zootécnico dos lotes, embora as condenações possam alcançar até 30% nos casos mais graves.

Alguns veterinários de campo sugerem que os quadros de tenossinovite possam estar relacionados ao rápido crescimento das aves modernas. Entretanto, casos severos também têm sido observados em linhagens de crescimento lento. A Embrapa tem estudado o tema por meio de projetos sobre perdas no abate de frangos e isolando cepas oriundas do campo. Outros centros de pesquisa, como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), também têm contribuído com estudos sobre o tema. Nos próximos anos, pretende-se aprofundar as pes-

quisas sobre reovírus, tendinite e tenossinovite em frangos de corte, incluindo a submissão de projetos específicos devido à relevância do tema. Paralelamente, empresas produtoras de insumos têm trabalhado no desenvolvimento de novas vacinas e outras soluções para mitigar ou resolver o problema.

Pesquisas avaliam vias de transmissão do vírus da laringotraqueíte

A laringotraqueíte infecciosa das aves é uma doença endêmica em algumas regiões produtoras, especialmente em áreas dedicadas à produção de ovos no Brasil, causada pelo vírus da laringotraqueíte infecciosa (ILTV), pertencente à família Orthoherpesviridae, subfamília Alphaherpesvirinae, gênero *Itovirus*, envelopado, com genoma composto por uma molécula linear de DNA dupla fita com cerca de 153 mil pares de base. A enfermidade foi diagnosticada pela primeira vez em 1925, nos Estados Unidos. No Brasil, o primeiro relato foi publicado por Hipólito e colaboradores na década de 1970. Entre 1981 e 1982, ocorreu o primeiro surto grave, registrado em aves de postura no estado do Rio de Janeiro.

No início dos anos 2000, a doença foi diagnosticada na principal região produtora de ovos do país, no estado de São Paulo. Mais tarde, no final da mesma década, foi identificada em uma importante região produtora de ovos de Minas Gerais. Em 2020, um surto significativo ocorreu no município de São Ludgero, em Santa Catarina. Após o diagnóstico, foram implementadas medidas de contenção pelo serviço de defesa sanitária da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc).

A partir das amostras coletadas nesse surto, a Embrapa e a Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), por meio do departamento de patologia, iniciaram estudos para sequenciar e caracterizar o vírus da laringotraqueíte que afetou a região. Em parceria com o departamento de patologia veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Embrapa também vem caracterizando estirpes do vírus naquele estado, abrangendo não apenas plantéis comerciais de postura, mas também aves de subsistência. Esses estudos são fundamentais para compreender as vias de transmissão do vírus entre os plantéis avícolas no Brasil.

Nos últimos anos, especialmente em 2024, o aumento de surtos trouxe preocupações adicionais. Além de ser diagnosticada em plantéis de aves de postura no Rio Grande do Sul, a doença também foi identificada em granjas de matrizes no estado do Paraná. Esse cenário tornou a laringotraqueíte infecciosa uma ameaça crescente para a produção comercial de ovos e carne de frango, exigindo maior atenção dos órgãos de defesa sanitária e de instituições de pesquisa. Medidas eficazes de controle e vigilância tornam-se cada vez mais necessárias para enfrentar essa importante enfermidade.

Adenovírus exige monitoramento constante e diagnóstico preciso

Os adenovírus estão presentes em diversas espécies de aves, tanto domésticas quanto selvagens, e sua ampla distribuição geográfica aumenta a complexidade do seu controle. A detecção desses vírus em aves saudáveis dificulta a associação direta entre o agente e certas patologias específicas. Na avicultura industrial, a principal preocupação com o adenovírus é sua capacidade de impactar múltiplos parâmetros de produção, como taxa de crescimento, eficiência alimentar e índices de mortalidade. Mesmo infecções subclínicas podem prejudicar a saúde geral do plantel, comprometendo o desempenho e a rentabilidade das operações avícolas.

A variabilidade genética dos adenovírus aviários, com diferentes sorotipos circulando em diferentes regiões e sistemas de produção, exige estratégias de controle e prevenção adaptáveis e específicas. Os adenovírus pertencem à família Adenoviridae e estão classificados em seis gêneros, dos quais três infectam aves: *Aviadenovirus*, *Atadenovirus* e *Siadenovirus*.

O gênero Atadenovirus abriga, dentre diversas espécies, o adenovírus dos patos (*Duck adenovirus* 1, DadV-1), responsável pela síndrome da queda da postura de 1976 (*Egg-drop syndrome 76*, EDS-76). Já o gênero *Siadenovirus* contém alguns representantes importantes para as aves, como o vírus causador da enterite hemorrágica dos perus (*Hemorrhagic enteritis virus*, HEV); o vírus da esplenomegalia de frangos (*Avian Adenovirus Splenomegaly Virus*, AASV) e o vírus da doença do baço marmóreo de faisões (*Marble Spleen Disease Virus,* MSDV). Os adenovírus da síndrome da queda da postura e enterite hemorrágica dos perus causam apresentações clínicas bem caracterizadas e controladas por vacinas e medidas de biosseguridade.

Os adenovírus das galinhas ou *Fowl Adenovirus* (FAdV), pertencentes ao gênero *Aviadenovirus*, compreendem 23 espécies que causam uma ampla gama de patologias, afetando diversos órgãos. Eles podem atuar como agentes primários ou secundários, contribuindo para manifestações clínicas ou subclínicas, o que complica tanto o diagnóstico quanto as medidas de controle. A relevância das adenoviroses por FAdV na avicultura comercial tem crescido, agravada pela diversidade de espécies e sorotipos, resultando em várias síndromes clínicas.

As infecções por FAdV podem ocorrer em qualquer fase de vida das aves, sendo mais graves em animais jovens, especialmente na ausência de anticorpos maternos, resultando nos maiores prejuízos econômicos. Além disso, acredita-se que a proteção cruzada entre os sorotipos seja limitada, o que significa que anticorpos eficazes contra um sorotipo podem não proteger contra outro.

Embora muitas vezes associadas a condições imunossupressoras, como anemia infecciosa, doença de Gumboro e doença de Marek, algumas cepas de

FAdV têm potencial para atuar como patógenos primários. Entre elas, o *Aviadenovirus hepatitidis* (Fowl AdV-6, 7, 8a, 8b) é o agente da hepatite por corpúsculo de inclusão (IBH); o *Aviadenovirus hydropericardii* (Fowl AdV-4) é responsável pela síndrome da hepatite-hidropericárdio (SHH); e o *Aviadenovirus ventriculi* (Fowl AdV-1) é o causador da síndrome da erosão de moela (AGE). Esses fatores ressaltam a necessidade de monitoramento constante, diagnóstico preciso e desenvolvimento de vacinas específicas para lidar com os desafios apresentados pelos adenovírus aviários.

Hepatite por corpúsculo de inclusão (IBH) em frangos de corte

A IBH é causada principalmente pelos sorotipos de adenovírus aviário FAdV-2, FAdV-11, FAdV-8a e FAdV-8b, embora também haja registros de associação com outros sorotipos. A doença foi identificada em inúmeros países e foi registrada no Brasil pela primeira vez por Mettifogo et al. (2014), sendo novamente relatada em 2018 por De La Torre et al.(2018), ambas as vezes associada à HHS.

A patologia afeta principalmente frangos de corte com até cinco semanas de idade, mas pode ocorrer de forma mais branda em aves poedeiras ou em frangos de corte mais velhos. A mortalidade atinge seu pico entre o terceiro e quarto dia da infecção, com taxas variando de 10 a 30% em surtos mais severos. As principais lesões da IBH são hepáticas, caracterizadas por fígado pálido, friável e aumentado, com focos de necrose e hemorragias. Alterações renais, como nefromegalia e glomerulonefrite, também são frequentemente observadas, além de atrofia da bursa e do timo em casos naturais. Os sinais clínicos incluem diminuição do crescimento, comportamento de aglomeração ou amontoamento, apatia, prostração e penas eriçadas, podendo evoluir ao óbito.

Síndrome da hepatite-hidropericárdio apresenta alta taxa de mortalidade

A HHS, também conhecida como doença de Angara, acomete principalmente frangos de corte entre três e seis semanas de idade. Clinicamente é muito semelhante à IBH, porém, com quadros de maior gravidade e com altas taxas de mortalidade (20 a 80%). Etiologicamente, está relacionada principalmente ao sorotipo FAdV-4. As principais alterações observadas são o acúmulo de líquido claro e amarelado no saco pericárdico, edema pulmonar, necrose hepática, hepatomegalia com hemorragia e/ou palidez e nefromegalia com alterações degenerativas nos túbulos renais. Na última década, houve um aumento nos casos de HHS em diversos países, com destaque para a China, que lidera os relatos de surtos graves e a pesquisa sobre o tema. No Brasil, a doença foi registrada em São Paulo por Mettifogo et al. (2014) e novamente por De La Torre et al. (2018).

Os adenovírus são transmitidos por vias horizontal e vertical. A transmissão horizontal ocorre pelo contato com fezes, secreções de aves infectadas ou fômites, como comedouros, bebedouros e outros utensílios de granja, além de trabalhadores e aves silvestres. Já a transmissão vertical acontece da fêmea para o ovo, especialmente quando reprodutoras são infectadas na fase produtiva, causando mortalidade embrionária, desuniformidade e redução no desempenho das progênies. Vale ressaltar que a estrutura piramidal da avicultura moderna favorece que essa transmissão tenha um bom potencial de disseminação. Aves estressadas, como poedeiras no pico de produção, podem apresentar reativação viral, aumentando a transmissão via ovo. O vírus já foi detectado em fezes, mucosas respiratórias, rins, intestinos e tonsilas cecais, além do sêmen, o que representa risco de disseminação pela inseminação artificial. Nesse contexto, os avanços na biosseguridade proporcionaram reprodutoras que nunca tiveram contato com o vírus na fase de recria e, portanto, se forem infectadas na fase reprodutiva, irão transmitir o adenovírus aos ovos, ocasionando problemas de mortalidade embrionária e posteriormente de desuniformidade, refugagem e perda de desempenho nas progênies.

Síndrome de erosões de moela ainda é pouco conhecida no Brasil

A erosão da moela por adenovírus (AGE) é uma síndrome predominantemente causada pelo adenovírus das galinhas sorotipo 1 (FAdV-1), afeta frangos de corte e poedeiras, resultando em perdas econômicas e problemas de bem-estar. A doença é caracterizada por defeitos e erosões na membrana e úlceras/inflamação na mucosa da moela, podendo também afetar outros órgãos digestivos, como o proventrículo, pâncreas e fígado. Os sinais clínicos incluem perda de apetite, depressão e atraso no crescimento, com possíveis progressões para óbito. Em lotes comerciais, as principais observações são a desuniformidade, diminuição do consumo de ração, aumento de mortalidade e diminuição da produção de ovos em poedeiras. Entretanto, a infecção pode ser subclínica e detectada apenas no abate por condenações.

Identificada em vários países, incluindo o Brasil, a distribuição e o impacto da AGE na produção nacional ainda são pouco conhecidos. O diagnóstico pode ser feito por reação em cadeia da polimerase (PCR), que detecta o material genético do vírus, mas a presença do vírus não implica necessariamente em doença clínica. Os testes sorológicos possuem uso limitado devido à frequente presença de anticorpos contra adenovírus em plantéis que não apresentam a doença clínica. Em alguns casos, a análise histopatológica confirma a infecção, evidenciando inclusões intranucleares. O diagnóstico definitivo é realizado por isolamento viral, mas essa metodologia é difícil e cara.

Poucos trabalhos científicos no Brasil relatam isolamento viral, provavelmente devido à dificuldade e o custo elevado desta metodologia. Recentemente, a Embrapa Suínos e Aves investigou duas amostras biológicas originárias dos surtos de bronquite infecciosa das galinhas (BIG) relatados inicialmente no Paraná, nos anos de 2019 e 2020. A detecção molecular nas amostras biológicas foi positiva para BIG da linhagem GI-23. Nas tentativas de isolamento viral, após passagens consecutivas, os embriões apresentaram alterações compatíveis com vírus da BIG, que foram comprovadas pela PCR.

Amostras positivas também foram submetidas ao diagnóstico diferencial para outros possíveis agentes microbianos, que poderiam estar presentes nas amostras biológicas, como vírus da doença de Gumboro, da anemia infecciosa das galinhas, reovírus, adenovírus do gênero *Aviadenovirus* (FAdV) e micoplasmas. A presença de vírus hemaglutinantes também foi avaliada pelo teste de hemaglutinação. Algumas amostras, já positivas para BIG, apresentaram positividade também para adenovírus do gênero *Aviadenovirus* (FAdVs), constatando-se uma coinfecção. Os demais agentes investigados não foram detectados.

Com a detecção de FAdV, houve interesse no isolamento, para posteriormente caracterizar a patogenia. Foram selecionadas duas amostras para inativar o vírus da BIG e facilitar a multiplicação dos FAdVs. As passagens em ovos férteis foram realizadas via cavidade alantoide (CA). As alterações observadas nos embriões foram compatíveis com lesões previamente descritas para *Aviadenovirus* (FAdVs). Macroscopicamente, os embriões encontravam-se menores, avermelhados, com espessamento da membrana corioalantoide e apresentando alterações hepáticas, com focos amarelos difusos no fígado.

A Embrapa está conduzindo ensaios in vivo para determinar a capacidade destes isolados de causar lesões clínicas como agentes primários. Foi confirmada a coinfecção com o vírus da BIG, uma associação comum, mas cujos impactos ainda estão sendo investigados. Paralelamente, está em andamento o sequenciamento genético para identificar quais espécies de *Aviadenovirus* foram isoladas. Essas pesquisas buscam elucidar a relação dos adenovírus com lesões observadas em tecidos durante o abate, além de compreender melhor o papel dos FAdVs na avicultura brasileira. Os resultados podem direcionar futuras estratégias para diagnóstico, controle e mitigação dos prejuízos associados a essas infecções.

Vírus da bronquite infecciosa das galinhas é altamente contagioso

A bronquite infecciosa (BI) é uma doença viral aguda e altamente contagiosa que afeta primariamente o trato respiratório das galinhas. Dependendo do tropismo

da estirpe viral circulante, a doença pode acometer o sistema reprodutivo, resultando em redução na produção e na qualidade dos ovos e em complicações nos rins, ocasionando doença renal grave. Além disso, a BI é frequentemente associada como fator predisponente para infecções bacterianas secundárias, como micoplasmoses e colibaciloses (Dwars et al., 2009; Matthijs et al., 2009), que são responsáveis por um número significativo de condenações de carcaça durante o abate.

Embora programas adequados de biosseguridade, aliados a sistemas de criação com lotes de idade única, sejam medidas essenciais para o controle da doença, a vacinação é necessária para aumentar a resistência das aves contra infecções pelo vírus da BI (VBI) (De Wit et al., 2011). No entanto, apesar das estratégias vacinais aplicadas desde o primeiro dia de vida e de doses de reforço ao longo do ciclo produtivo, o VBI continua causando perdas significativas na produção. Esses impactos indicam possíveis falhas no manejo vacinal, incluindo aplicação inadequada das vacinas, ou proteção cruzada insuficiente proporcionada pelos sorotipos vacinais disponíveis no Brasil frente às novas variantes do vírus.

As variantes do VBI podem ser definidas como mutantes de estirpes parentais desse vírus que diferem das estirpes clássicas em aspectos como genótipo, patotipo, antigenicidade e/ou imunogenicidade. Esses mutantes estão sob constante pressão seletiva do sistema imunológico do hospedeiro, que tenta eliminá-los. Apenas estirpes com elevada variação antigênica conseguem escapar da proteção imunológica induzida pelas vacinas e sobreviver na população de hospedeiros, levando ao desenvolvimento de doença clínica (Montassier, 2010).

A classificação das estirpes do VBI pode ser realizada por meio de testes que analisam diferenças no genoma viral (genótipos) ou que avaliam a atividade biológica do vírus (sorotipos, patotipos e protectotipos) (De Wit et al., 2011). Atualmente, a classificação baseada em genótipos é a mais utilizada em todo o mundo, inclusive no Brasil (Montassier et al., 2006, 2008; Fraga et al., 2013; Valastro et al., 2016), devido à maior praticidade e rapidez, e vem substituindo os testes de sorotipagem e protectotipagem. No entanto, até que ponto a classificação genotípica contribui para a aplicação prática no campo? Na prática, os resultados de genotipagem, embora úteis para caracterizar geneticamente as estirpes virais, não fornecem resposta definitiva sobre a eficácia da proteção vacinal frente ao desafio no campo com estirpes circulantes. Em contrapartida, os testes de protectotipagem oferecem uma avaliação mais direta e eficiente sobre a capacidade de proteção conferida pela vacinação em cenários reais de desafio.

No Brasil, desde os anos 1990, alguns estudos têm avaliado a eficácia das vacinas atenuadas comercialmente disponíveis, baseadas no sorotipo Massachusetts (Mass), contra isolados de campo brasileiros classificados como variantes do vírus da bronquite infecciosa (VBI). Di Fabio et al. (2000) identificaram sorotipos

distintos de Mass entre quatro isolados avaliados. Apesar disso, a vacina H120 (sorotipo Mass) apresentou proteção completa contra três isolados e proteção parcial contra um. Pereira et al. (2006) relataram a identificação de um isolado de campo brasileiro patogênico para gônadas, contra o qual a vacina atenuada H120 conferiu proteção. Entretanto, Fernando et al. (2013) demonstraram que a mesma vacina proporcionou apenas proteção parcial para essa variante. Durante esse período, as variantes brasileiras do VBI passaram a ser denominadas "cepas BR".

A Embrapa Suínos e Aves conduziu estudos sobre proteção cruzada envolvendo quatro cepas isoladas de aves com problemas respiratórios diagnosticadas como bronquite infecciosa causada por cepa variante. A vacina viva H120, sorotipo Mass, conferiu proteção satisfatória para as quatro cepas (Trevisol, 2010, 2012, 2014). Em uma avaliação utilizando quatro isolados de campo brasileiros, foram constatados níveis adequados de proteção cruzada frente à imunização com vacinas do sorotipo Mass (De Wit et al. 2014). Apesar desses resultados promissores, em 2016, o Mapa aprovou uma vacina específica para as "cepas BR", visando ampliar a eficácia vacinal contra essas variantes.

Diferentemente da maioria dos países com intensa produção avícola, até 2020, o Brasil reconhecia a circulação de apenas duas cepas do vírus da bronquite infecciosa (VBI): a cepa Massachusetts, base dos programas de vacinação desde a identificação da doença, e as variantes locais conhecidas como cepas do grupo Brasil (BR). A partir de 2016, uma cepa do grupo BR foi incorporada aos programas de vacinação para melhorar a proteção contra essas variantes. Em julho e agosto de 2020, observou-se um aumento significativo nas condenações de frangos em abatedouros. Lesões graves nos sacos aéreos, caracterizadas por pontos amarelo-esbranquiçados, presença de espuma e aerossaculite, tornaram-se frequentes. Essas lesões resultaram em índices de condenação de carcaças ou partes de até 10% em alguns casos, chegando a 20% em outros.

No início dos casos clínicos respiratórios no campo, a aerossaculite foi associada a fatores como alta densidade nos lotes, baixas temperaturas, imunossupressão, clima seco e baixa umidade. Os sinais clínicos mais comuns foram dificuldade respiratória e ronquidão, afetando aves entre cinco e 30 dias de idade. Curiosamente, não houve redução no consumo de ração e a maioria dos lotes manteve-se homogênea em desempenho. Portanto, a identificação do agente causal desse quadro foi inicialmente desafiadora, pois não houve impacto no ganho de peso nem aumento significativo na mortalidade.

Após a exclusão de outros agentes, suspeitou-se de uma variante do VBI. Através de técnicas moleculares e investigações de eventos semelhantes em outros países, chegou-se à identificação de uma variante do VBI previamente registrada em Israel, em 1998. Nos anos seguintes, essa variante foi detectada em

regiões da Ásia, África e Europa. A confirmação veio por meio da análise clínica e da comparação de sequências genômicas disponíveis em bancos de dados internacionais, identificando a cepa como pertencente ao grupo I, genótipo 23 (GI-23), conforme a classificação internacionalmente aceita para variantes do VBI.

A Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) e com anuência do Mapa, iniciou experimentos in vitro e in vivo para isolar o agente, comprovar seu grau de patogenicidade e compartilhar informações com as entidades do setor, para propor soluções para mitigar as perdas econômicas e subsidiar políticas públicas. Embora testes moleculares não exijam que o microrganismo esteja viável para proceder o ensaio, a avaliação da virulência da nova variante exigiu o isolamento do vírus vivo. Foram coletadas 22 amostras clínicas, das quais 20 resultaram positivas, representando um índice de recuperação viral de 91%. Esses resultados indicaram duas características importantes: ampla distribuição geográfica da cepa, dado que as amostras vieram de 22 propriedades distintas, e alta virulência, refletida na facilidade de isolamento viral em comparação às variantes BR.

A experimentação in vivo com nove cepas da variante GI-23 não resultou em sinais clínicos graves em ambiente controlado. Contudo, análises in vitro dos tecidos colhidos das aves inoculadas revelaram grau máximo de danos ciliares nas traqueias, o principal indicador de patogenicidade para VBI (De Wit; Britton, 2024). Portanto, as novas variantes do VBI comprovaram ser de alta virulência para o trato respiratório superior. Além disso, uma cepa foi classificada como nefropatogênica devido às lesões inflamatórias significativas observadas nos rins. Relatórios detalhando esses achados foram encaminhados ao Departamento de Saúde Animal (DSA) do Mapa e à ABPA. A alta virulência e as notificações da detecção em diversos estados do país levaram o Mapa a iniciar o processo de importação emergencial de uma vacina específica para a cepa GI-23. Paralelamente, a Embrapa iniciou, em 2022, estudos para avaliar a proteção cruzada das vacinas disponíveis contra essa nova variante, a GI-23.

Os testes envolveram aves previamente imunizadas com dois protocolos de vacinação compostos por vacinas vivas atenuadas aplicadas no primeiro dia de vida: (1) uma única dose de H120 (Mass) e (2) uma dose de H120 combinada com uma dose de BR. Oito cepas comprovadamente pertencentes ao genótipo GI-23 e comprovadamente patogênicas foram utilizadas para desafiar as aves previamente imunizadas. Esses estudos continuam sendo fundamentais para definir estratégias eficazes de controle e proteção contra a variante GI-23. Os resultados mostraram que para duas cepas, apenas a aplicação de uma dose de H120 (Mass) proporcionou uma proteção satisfatória. Já o protocolo com uma dose de H120 (Mass) associada a uma dose de BR-I foi eficaz para outras

três cepas. Nossos estudos indicaram que as vacinas vivas disponíveis no Brasil foram capazes de conferir proteção satisfatória para 62,5% das cepas variantes GI-23. No entanto, para 37,5% das cepas GI-23 avaliadas, os resultados foram insatisfatórios, confirmando as observações das equipes de campo, de que as vacinas vivas disponíveis no país não estavam sendo suficientes para uma proteção eficaz (Trevisol et al., 2022).

Em março de 2023, a avicultura brasileira vivenciou uma mudança radical em sua história de controle do VBI, marcada por décadas sem a presença de variantes "estrangeiras". A baixa variabilidade genética das cepas brasileiras até então pode estar associada ao uso exclusivo de uma única vacina viva autorizada no território nacional. No entanto, a confirmação de bronquite infecciosa causada por uma cepa que circulou há quase 20 anos no Oriente Médio (Lisowska et al., 2017) alterou completamente a epidemiologia da doença no Brasil. Essa nova realidade reforça a necessidade de estratégias inovadoras e adaptativas para enfrentar os desafios impostos pela entrada de cepas estrangeiras no cenário avícola nacional.

Saúde animal como um dos pilares da sustentabilidade

Os argumentos e dados apresentados neste artigo ressaltam a importância crítica da saúde animal como pilar fundamental para a sustentabilidade e competitividade da avicultura brasileira. Os desafios sanitários enfrentados pelo setor, incluindo a emergência de doenças como influenza aviária, doença de Newcastle, adenoviroses e outras enfermidades virais, destacam a necessidade de abordagens integradas que combinem biosseguridade, inovação tecnológica, vigilância epidemiológica e estratégias de vacinação eficazes.

As contribuições da Embrapa Suínos e Aves são exemplares, demonstrando liderança no desenvolvimento de soluções como vacinas inovadoras, métodos de diagnóstico e práticas recomendadas para mitigação de riscos sanitários. A atuação proativa dessa instituição, aliada à colaboração com entidades públicas e privadas, tem sido essencial para fortalecer o setor frente aos desafios globais e assegurar a continuidade da produção de proteína animal de qualidade.

A avicultura nacional, como maior exportadora mundial de carne de frango, enfrenta pressões crescentes para garantir altos padrões sanitários e atender às exigências do mercado internacional. Nesse contexto, a integração entre pesquisa científica, políticas públicas e práticas de manejo é indispensável para proteger o status sanitário do país, preservar sua posição de liderança e promover o desenvolvimento sustentável da avicultura no Brasil.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 21 de 21 de outubro de 2014. Estabelecer as normas técnicas de Certificação Sanitária da Compartimentação da Cadeia Produtiva Avícola das granjas de reprodução, de corte e incubatórios, de galinhas ou perus, para a infecção pelos vírus de influenza aviária - IA e doença de Newcastle - DNC. **Diário Oficial da União**: Seção 1, n. 204, p. 4, 22 out. 2014. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/imagens/INSTRUONORMATIVAN21DE21DEOUTUBRODE2014.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

DE LA TORRE, D.; NUNEZ, L. F. N.; PARRA, S. H. S.; ASTOLFI-FERREIRA, C. S.; FERREIRA, A. J. P. Molecular characterization of fowl adenovirus group I in commercial broiler chickens in Brazil. **VirusDisease**, v. 29, n. 1, p. 83-88, 2018. DOI: 10.1007/s13337-018-0430-z.

DE WIT, J. J.;BRANDÃO, P.;KOOPMAN, R.; VILLARREAL, L. Y. B. Report of genotyping, pathotyping and protectotyping of IBV strains from Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AVIAN CORONA AND PNEUMOVIRUSES AND COMPLICATING PATHOGENS, 8., 2014, Rauischholzhausen. **Proceedings**... Giessen, 2014.

DE WIT, J. J.; COOK, J. K. A.; HEIJDEN, H. M. J. F. Infectious bronchitis virus variants: a review of the history current situation and control measures. **Avian Pathology**, v. 40, n. 3, p. 223-235, 2011. DOI: 10.1080/03079457.2011.566260.

DI FABIO, J.; ROSSINI, L. J.; ORBELL, S. J.; PAUL, G.; HUGGINS, M. B.; MALO, A.; SILVA, B. G.; COOK, J. K. Characterization of infectious bronchitis viruses isolated from outbreaks of disease in commercial flocks in Brazil. **Avian Diseases**, v. 44, n. 3, p. 582-589, 2000. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2006.11.004.

DWARS, R. M.; MATTHIJS, M. G. R.; DAEMEN, A. J. J. M.; VAN ECK, J. H. H.; VELVERDE, L.; LANDMAN, W. J. M. Progression of lesions in the respiratory tract of broilers after single infection with Escherichia coli compared to superinfection with E.coli after infection with infectious bronchitis virus. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 127, p. 65- 76, 2009. DOI: 10.1016/j.vetimm.2008.09.019.

FERNANDO, F. S.;MONTASSIER, M. F. S.; SILVA, K. R.; OKINO,C. H.; OLIVEIRA, E. S.; FERNANDES, C. C.; BANDARRA, M. B.; GONÇALVES, M. C. M.; BORZI, M. M.; SANTOS, R. M.; VASCONCELOS, R. O.; ALESSI, A. C.; MONTASSIER, H. J. Nephritis associated with S1 variant brazilian isolate of infectious bronchitis virus and vaccine protection test in experimentally infected chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 11, p. 639-646, 2013. DOI: 10.3923/ijps.2013.639.646.

FRAGA, A. P.; BALESTRIN, E.; IKUTA, N.; FONSECA, A. S.; SPILKI, F. R.; CANAL, C. W.; LUNGEE, V. R. Emergence of a new genotype of Avian Infectious Bronchitis virus in Brazil. **Avian Diseases**, v. 57, p. 225-232, 2013. DOI: 10.1637/10346-090412-Reg.1.

LISOWSKA, A.; SAJEWICZ-KRUKOWSKA, J.; FUSARO, A.; PIKULA, A.; DOMANSKA-BLICHARZ, K. First characterization of a Middle-East GI-23 lineage (Var2-like) of infectious bronchitis virus in Europe. **Virus Research**, v. 242, p. 43-48, 2017. DOI: 10.1016/j.virusres.2017.09.010.

MATTHIJS, M. G. R.; ARIAANS, M. P.; DWARS, R. M.; VAN ECK, J. H. H.; BOUMA, A.; STEGEMAN, A.; VELVERDE, L. Course of infection and immune responses in the respiratory tract of IBV infected broilers after superinfection with E.coli. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 127, p. 77-84, 2009. DOI: 10.1016/j.vetimm.2008.09.016.

METTIFOGO, E.; NUÑEZ, L. F. N.; PARRA, S. H. S.; ASTOLFI-FERREIRA, C. S.; FERREIRA, A. J. P. Fowl adenovirus Group I as a causal agent of inclusion body hepatitis/hydropericardium syndrome (IBH/HPS) outbreak in brazilian broiler flocks. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, p. 733-737, 2014. DOI: 10.1590/S0100-736X2014000800004.

MONTASSIER, H. J. Molecular epidemiology and evolution of avian infectious bronchitis virus. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.12, n. 2, p. 87-96, 2010. DOI: 10.1590/S1516-635X2010000200003.

MONTASSIER M.; BRENTANO L.; MONTASSIER H.; RICHTZENHAIN L. Genetic grouping of avian infectious bronchitis virus isolated in Brazil based on rt-pcr/rflp analysis of the s1 gene. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 190-194, 2008. DOI: 10.1590/S0100-736X2008000300011.

MONTASSIER, M. F. S.; BRENTANO, L.; RICHTZENHAIN, L. J.; MONTASSIER, H. J. Genetic diversity on S1 glycoprotein of Avian Infectious Bronchitis virus strains isolated in Brazil between 1988-2000. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AVIAN CORONA AND PNEUMOVIRUSES AND COMPLICATING PATHOGENS, 5., 2006, Giessen. **Proceedings**... Giessen: Verlag Ferschweiler, 2006. p. 119-131.

DE WIT, J. J.; BRITTON, P. Avian infectious bronchitis. In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Manual of diagnostic tests and vacines for terrestrial animals**. 13. ed. Paris, 2024. Chapter 3.3.2. Disponível em: https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access/. Acesso em: 3 abr. 2024.

PEREIRA, N. A.; ALESSI, A. C.; OKINO, C. H.; MONTASSIER, M. F. S.; SANTOS, I. L.; MONTASSIER, H. J.; RICHTZENHAIN, L. J. Uma nova estirpe brasileira do vírus da bronquite infecciosa causadora de lesões gonadais e a proteção cruzada induzida pela vacina comercial atenuada. **Biológico**, v. 68, Suplemento, p. 152-156, 2006.

TREVISOL, I. M.; ESTEVES, P. A.; BRENTANO, L.; JAENISCH, F. R. F.; MUNHOZ, L.; RITTERBUSCH, G. A. In vivo assay of vaccine protection to Brazilian variant strains of infectious bronchitis vírus. In: WORLD´S POULTRY CONGRESS, 24., 2012, Salvador. **Abstract**... Salvador: WSPA, 2012.

TREVISOL, I. M.; OKINO, C. H.; MORES, M. A. Z.; MATTOS, G. L. M.; BRENTANO, L.; ESTEVES, P. A. Proteção vacinal contra desafio com variante de bronquite infecciosa das galinhas. In: CONFERÊNCIA FACTA, 2014, Atibaia. [**Anais**...] Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2014.

TREVISOL, I. M.; JAENISCH, F. R. F.; SILVA, V. S.; BRENTANO, L.; KLEIN, T. A. P.; SCHAEFER, R.; COLDEBELLA, A.; ESTEVES, P. A. Avaliação de proteção vacinal para amostras variantes de bronquite infecciosa das galinhas frente à amostra vacinal H120. **Produção Animal**: Avicultura, ano 4, n. 40, p. 38, ago. 2010.

TREVISOL, I. M.; RECH, D. V.; MORES, M. A. Z.; ESTEVES, P. A.; CARON, L. **Nova variante do Vírus da Bronquite Infecciosa das galinhas nas cadeias produtivas de aves no Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 2 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Avicultor, 41).

VALASTRO, V.; HOLMES, E. C.; BRITTON, P.; FUSARO, A.; JACKWOOD, M. W.; CATTOLI, G.; MONNE, I. S1 gene-based phylogeny of infectious bronchitis virus: an attempt to harmonize virus classification. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 39, 349-364, 2016. DOI: 10.1016/j.meegid.2016.02.015.

Literatura recomendada

BROWN, V. R.; BEVINS, S. N. A review of virulent Newcastle disease viruses in the United States and the role of wild birds in viral persistence and spread. **Veterinary research**, v. 48, n. 1, p. 77, 2017. DOI: 10.1186/s13567-017-0485-7.

GRAFL, B.; GARCIA-RUEDA, C.; CARGILL, P.; WOOD, A.; SCHOCK, A.; LIEBHART, D.; SCHACHNER, A.; HESS, M. Fowl aviadenovirus serotype 1 confirmed as the aetiological agent of gizzard erosions in replacement pullets and layer flocks in Great Britain by laboratory and in vivo studies. **Avian Pathology**, v. 47, n. 1, p. 63–72, 2018. DOI: 10.1080/03079457.2017.1367364.

JONES, R.C. Avian reovirus infection. **Revue scientifique et technique** (International Office of Epizootics), v. 19, n. 2, p. 614-625, 2000. DOI: 10.20506/rst.19.2.1237.

MARTINS, N. R. S.; GÓMEZ, S. Y. M. Adenoviroses, reoviroses, rotaviroses e outras viroses intestinais. In: JÚNIOR, A. B.; SILVA, E. N.; FÁBIO, J. D. **Doenças das aves**. 3. ed. Campinas: FACTA, 2020. p. 803-823.

MOR, S. K.; VERMA, H.; SHARAFELDIN, T. A.; PORTER, R. E.; ZIEGLER, A. F.; NOLL, S. L.; GOYAL, S. M. Survival of turkey arthritis reovirus in poultry litter and drinking water. **Poultry Science**, v. 94, n. 4, p. 639–642, 2015. DOI: 10.3382/ps/pev025.

SAVAGE, C. E.; JONES R. C. The survival of avian reoviruses on materials associated with the poultry house environment. **Avian Pathology**, v. 32, n. 4, p. 419-425, 2003.

SCHACHNER, A.; HESS, M. Special Issue: Avian Adenoviruses. **Viruses**, v. 14, n. 4, P. 680, 2022. DOI: 10.3390/v14040680.

SOUZA, S. O.; DE CARLI, S.; LUNGE, V. R.; IKUTA, N. CANAL, C. W.; PAVARINI, S. P.; DRIEMEIER, D. Pathological and molecular findings of avian reoviruses from clinical cases of tenosynovitis in poultry flocks from Brazil. **Poultry Science**, v. 97, n. 10, p. 3550-3555, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey239.

WONG, S. S. Y; YUEN, K-Y. Avian influenza virus infections in humans. **Chest**, v. 129, n. 1, p. 156-168, 2006. DOI: 10.1378/chest.129.1.156.

SWAYNE, D.; BROWN, I. Newcastle disease (infection with newcastle disease virus). In: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH . **Manual of diagnostic tests and vacines for terrestrial animals**. 13. ed. Paris, 2024. Chapter 3.3.10. Disponível em: https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access/. Acesso em: 4 abr. 2024.

CAPÍTULO 13

Novas abordagens para garantir a segurança dos alimentos

Luizinho Caron, Clarissa Silveira Luiz Vaz, Daiane Voss Rech, Vanessa Gressler, Vivian Feddern, Anildo Cunha Junior, Gerson Neudí Scheuermann, Ana Paula Almeida Bastos e Francisco Noé da Fonseca

Pesquisa é peça-chave na melhoria da segurança dos alimentos de ordem avícola | 1975–2010

Na cadeia avícola, a segurança dos alimentos está consolidada como um tema primordial, envolvendo processos desde as reprodutoras e os incubatórios até as granjas, frigoríficos e o consumidor, no conhecido conceito *farm to fork*. Nesse contexto, demandas apontadas por órgãos como o Ministério da Agricultura (Mapa), Comitê de Higiene dos Alimentos do Codex Alimentarius (Codex Alimentarius) e União Brasileira de Avicultura e Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos (Ubabef, atualmente Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA) nortearam a pesquisa voltada à segurança dos alimentos na avicultura desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves até 2010.

No Brasil, a década de 1990 foi marcada pelo drástico aumento dos surtos de salmonelose relacionados ao consumo de ovos e carne de frangos contaminados principalmente por *S.* Enteritidis fagotipo (PT) 4. O conteúdo gastrointestinal de aves infectadas era a principal fonte de contaminação da carne de frangos por essa bactéria durante o abate. Pesquisas com clientes da Embrapa Suínos e Aves indicaram a tendência em buscar alternativas ao uso de antimicrobianos no controle de salmonelas em frangos de corte. Surgiram, então, pesquisas com bacteriófagos líticos (BL, vírus que infectam bactérias) para controle biológico de *S.* Enteritidis em frangos, escolhida por ser uma tecnologia de baixo custo de produção, sem efeito tóxico e não protegida por patentes.

O trabalho de pesquisa da Embrapa isolou três diferentes BL de fezes de galinhas, que apresentaram ação lítica frente à *S.* Enteritidis e à *S.* Typhimurium. Os primeiros estudos indicaram que estes BL não permaneciam no intestino de aves livres de salmonelas por mais de 24 horas, ao passo que se multiplicavam nas aves infectadas pela bactéria por um período maior, sem ser invasivos ao fígado e baço. A pesquisa com bacteriófagos líticos trouxe à Embrapa um prêmio em 2009, refletindo o interesse do setor científico no desenvolvimento de uma tecnologia viável e segura para controle de *S.* Enteritidis no campo.

A Embrapa Suínos e Aves também se dedicou no período, até 2010, nas pesquisas sobre o uso de antimicrobianos na produção de aves. Para evitar a redução da eficiência produtiva e o consequente aumento do custo da produção avícola com a retirada dos antimicrobianos promotores de crescimento, a Embrapa Suínos e Aves investiu na pesquisa de alternativas naturais. Um estudo avaliou a ação de extratos vegetais obtidos de plantas nativas do Sul do Brasil frente a bactérias presentes na microbiota intestinal de frangos de corte. Os resultados demonstraram o potencial de uso de extratos vegetais como substitutos aos antimicrobianos promotores de crescimento em frangos de corte.

Cama, flotado e *Campylobacter*

A Embrapa Suínos e Aves, numa parceria com o setor privado, avaliou os métodos mais usados no Brasil para tratamento da cama entre lotes de aves, utilizando as camas de maravalha de 24 aviários ao longo de sua reutilização por seis lotes de frangos. Foi demonstrado que a cobertura da cama com lona plástica em todo o aviário é o método mais eficiente na redução de enterobactérias na comparação com a fermentação em leira, aplicação de cal e sem intervenção, sendo recomendado o período mínimo de 12 dias de tratamento.

"As pesquisas em **segurança dos alimentos** trataram de temas como controle de salmonelose, cama de aviário, antimicrobianos, flotado e *Campylobacter*."

A Embrapa Suínos e Aves foi ainda pioneira na avaliação das características do flotado industrial e sua aplicabilidade como componente de farinha de carne e ossos utilizada na formulação de ração de aves. As primeiras contribuições foram na avaliação da farinha contendo o flotado como insumo para a ração, gerando em 2006 o processo agropecuário Composição química do composto flotado do efluente de frigorífico de aves e suínos e, em 2007, o processo agropecuário Composição química e energia metabolizável para aves da farinha de carne e ossos contendo flotado industrial de frigorifico.

A Embrapa Suínos e Aves iniciou também pesquisas sobre *Campylobacter* na avicultura em 2009, as quais objetivaram padronizar e implantar métodos de diagnóstico da bactéria em amostras avícolas, aplicáveis às granjas e às indústrias de alimentos. Outro objetivo foi fornecer apoio laboratorial para a execução de novos estudos voltados ao conhecimento da prevalência, epidemiologia, controle e prevenção de *Campylobacter*. A Embrapa também foi colaboradora do grupo composto por especialistas do setor produtivo e comunidade científica que debateu a posição brasileira defendida na definição das diretrizes para controle de *Campylobacter* e *Salmonella* em carne de aves do Codex Alimentarius.

Novas abordagens para garantir a segurança dos alimentos

A procura global de carne de frango segura e saudável exige uma evolução contínua das práticas de inspeção e produção. A inspeção tradicional da carne de aves, largamente baseada na avaliação visual das carcaças, embora valiosa, é insuficiente para detectar muitos agentes patogênicos de origem alimentar. As técnicas modernas são, por conseguinte, essenciais, especialmente devido à crescente preocupação dos consumidores com a resistência aos antimicrobianos e com a segurança microbiológica da carne. Esta abordagem multifacetada requer uma mudança para metodologias baseadas no risco e para a exploração de tecnologias inovadoras.

Os principais componentes de uma abordagem moderna à segurança da carne de aves concentram-se em três áreas interligadas:

- **Inspeção de carne de aves baseada em risco:** o sistema tradicional de inspeção visual, iniciado por Robert Ostertag no início do século XX, embora eficaz na detecção de anomalias macroscópicas ou visíveis, é insuficiente na detecção de muitos agentes patogênicos críticos de origem alimentar. Os esforços de modernização, liderados por organismos reguladores nos Estados Unidos e na Europa, estão fazendo a transição para sistemas baseados em risco, que utilizam conhecimentos baseados em dados e com prioridade aos recursos para abordar as áreas de maior risco.

- **Uso responsável de antimicrobianos:** o uso excessivo de antibióticos na produção avícola pode acelerar a seleção de bactérias resistentes a essas moléculas, uma ameaça significativa para a saúde humana e animal.
- **Aplicações de bacteriófagos para o controle de agentes patogênicos:** os bacteriófagos, vírus que infectam e destroem especificamente as bactérias, oferecem uma solução potencial para combater as bactérias patogênicas nas aves de corte ou mesmo de postura.

A Embrapa está atenta e atua em uma abordagem que leva em consideração uma estratégia holística e coordenada em toda a cadeia de produção avícola, garantindo não só práticas seguras como também sustentáveis que protejam tanto a saúde animal como a saúde pública. Não são apenas as áreas ligadas à segurança dos alimentos que estão em debate atualmente, mas certamente elas estão entre as principais na produção de aves no mundo todo.

Inspeção do abate de frangos de corte baseada em risco

A modernização dos sistemas de inspeção higiênico sanitário de carnes é uma tendência importante no mundo na atualidade. Embora o sistema desenvolvido pelo alemão Robert Ostertag no H*andbook of Meat Inspection* (Ostertag, 1904) ainda apresente uma eficiência satisfatória para um método concebido no final do século XIX, ele possui diversas oportunidades de aprimoramento diante das ferramentas disponibilizadas pela ciência moderna. Dessa forma, importantes blocos e países iniciaram a modernização de seus sistemas de inspeção e higiene da carne no início dos anos 2000, com os primeiros sendo implementados em 2011 pelos Estados Unidos, seguido pela Comunidade Europeia em 2012. As bases científicas que propõem as diretrizes de um sistema de inspeção com base em risco foram apresentadas pelo Codex Alimentarius, em 2005.

No Brasil, os primeiros estudos iniciaram em 2014, a partir de uma demanda do Departamento de Produtos de Origem Animal (Dipoa) do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Os primeiros passos foram dados pela cadeia de produção de carne suína (conforme abordado no Capítulo 8) e, em seguida, a carne de aves foi contemplada em 2015. No início, o objetivo era realizar um estudo amplo para implementar a inspeção com base em risco e objetivos de desempenho de segurança dos alimentos para todas as carnes de aves. Porém, com a complexidade encontrada na avaliação de risco, o escopo da proposta ficou restrito à carne de frangos em sistemas verticais, com controle dos processos de produção, pois esta responde por mais de 90% da carne de aves produzida no Brasil (Figura 13.1).

Foto: Lucas Scherer

Figura 13.1. O novo procedimento traz avanços em termos de modernização do abate em frigoríficos.

Em 2022, foram realizados estudos-piloto em três plantas de abate de frangos em três estados da Federação. Cada planta selecionada para o estudo-piloto apresentava um perfil específico. Estes estudos-piloto permitiram a implementação da inspeção com base em risco durante três semanas em cada planta, com o objetivo de medir o desempenho das alterações propostas, a sua viabilidade e a eficácia da metodologia empregada. Também foi testada a efetividade do uso de microrganismos indicadores da qualidade da higiene do processo de abate. A metodologia da correlação de microrganismos indicadores e microrganismos de interesse para a saúde pública foi objeto de estudo no início do projeto, tendo sido utilizada a família *Enterobacteriaceae* como indicador e *Salmonella* spp. como microrganismos de risco alto em carcaças de frangos. Os resultados apontaram essa correlação em lotes positivos para *Salmonella* spp em três frigoríficos diferentes no estado de Santa Catarina.

Após uma avaliação inicial e validação do Dipoa em plantas de abate de frangos, foi publicada, em 2024, a Portaria SDA/Mapa nº 1.023, de 29 de fevereiro de 2024 (Brasil, 2024a). A normativa aprovou os procedimentos para a avaliação microbiológica do desempenho higiênico-sanitário no processo de abate de frangos de corte em abatedouros frigoríficos registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF), vinculado ao Dipoa. Além disso, a portaria permitiu o monitoramento microbiológico do abate de frangos de corte no Brasil, representando um avanço no sistema de inspeção. Essa ferramenta de controle, antes inexistente, passou a ser adotada como parte da garantia da qualidade dos abatedouros, contribuindo para a mitigação de riscos à saúde pública na produção de carne de frangos in natura.

A publicação da normativa mais importante no âmbito da inspeção com base em risco foi a Portaria nº 736, de 29 de dezembro de 2022 (Brasil, 2022a), que estabeleceu critérios para os abatedouros frigoríficos de aves aderirem à inspeção com base em risco. Está em tratativa para publicação a norma de inspeção com base em risco pelo Mapa, bem como o lançamento de curso de capacitação para médicos veterinários responsáveis pela garantia da qualidade dos abatedouros frigoríficos e para os auditores fiscais federais agropecuários (AFFAs). Esta é a última etapa de uma jornada desafiadora.

A inspeção com base em risco é o resultado de um trabalho de longo prazo, que demandou muito tempo e atuação da Embrapa em abatedouros e em laboratórios, utilizando-se também de muitos estudos de outros países que já estão com seus sistemas de inspeção com base em risco em pleno funcionamento, como os da União Europeia, Estados Unidos e Canadá. Contudo, o sistema proposto buscou observar no seu desenvolvimento as bases do documento do Codex CAC/RCP 58-2005. Sendo assim, a proposta é de um sistema de inspeção moderno, que envolveu, além da Embrapa e Dipoa, outras

instituições científicas, tecnológicas e de inovação, como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de São Paulo (USP), Instituto Federal Catarinense (IFC) e instituições públicas e profissionais do setor público. Essa participação teve como objetivo evitar qualquer conflito de interesse, uma vez que o foco é saúde pública. A independência foi a principal exigência do Dipoa para a realização do trabalho. O Brasil, como um dos maiores consumidores e exportadores de carne de frango do mundo, deve manter um sistema de inspeção robusto e internacionalmente reconhecido, a fim de assegurar a inocuidade e a qualidade sanitária do produto.

O conhecimento adquirido no desenvolvimento da inspeção com base em risco capacitou melhor os profissionais da Embrapa para atuar em projetos de redução de perdas ao abate, principalmente em conjunto com os auditores fiscais federais agropecuários do Dipoa e com professores universitários que atuam na área de inspeção e qualidade de carne. Nessa área, hoje, a Embrapa tem sido demandada e tem projetos junto às empresas com essa finalidade. As perdas ao abate são uma importante causa da redução de competitividade da cadeia produtiva. A maioria dos profissionais da área, inclusive do próprio serviço de inspeção, defende estudos que visem mitigar estas perdas e aumentar a segurança do alimento para o consumidor. Assim, buscar formas de mitigação dessas perdas passa a ser uma alternativa importante de melhoria na competitividade da cadeia, principalmente em um mundo globalizado, no qual a competição entre os diferentes países e blocos produtores é acirrada.

Relação entre umidade e proteína na carne de frango

Em passado recente, uma preocupação referente à qualidade dos produtos cárneos de frangos era quanto ao percentual de água exógena presente nos cortes ou mesmo na carcaça inteira. Embora os tecidos ao natural contenham determinado conteúdo de água, chamada de água fisiológica, durante o processo de abate ocorre a absorção de variável percentual de água exógena. Isso acontece porque a água está presente no processo de abate, onde desempenha papel importante nas etapas de insensibilização, escalda, remoção de penas, lavagem das carcaças (chuveiros) e no resfriamento por imersão (*chiller*). Especialmente nos chuveiros e no *chiller,* ocorre absorção considerável de água, percentual que pode variar de acordo com o manejo adotado. Os limites aceitáveis de água exógena são impostos e controlados pelo Mapa, sendo que, no caso de cortes congelados, os valores até recentemente constavam na Instrução Normativa (IN) nº 32/2010 (Brasil, 2010), especificando os parâmetros de umidade total, proteína bruta e a relação entre umidade e proteína (RUP) nos cortes.

Para impor os limites de controle da água exógena por meios legais, é necessário inicialmente conhecer em detalhe a composição natural da carcaça, a água fisiológica, bem como a amplitude de variação para possibilitar adequada formulação de limites a serem cumpridos. Sabe-se que o conteúdo de água fisiológica pode se alterar no decorrer dos anos. Estudo feito pela União Europeia (European Union, 2012) demonstrou haver maior conteúdo de água e menor percentual de proteína nos cortes peito, coxa e sobrecoxa nas aves de 2012 em relação às de 1993. Aquele estudo mostrou que também a relação umidade/proteína do peito elevou-se no tempo.

Diante disso, e devido ao número crescente de infrações ocorridas no Brasil entre os anos 2010 e 2020, foi decidido ser necessário realizar trabalho para revisar os parâmetros que embasam a legislação. Assim, sob a anuência e participação do Mapa, um importante e robusto estudo foi realizado em parceria entre o setor produtivo, representado pela ABPA, e a Embrapa. O trabalho conjunto foi determinante para detectar a necessidade de que ajustes nos limites dos parâmetros umidade, proteína e RUP fossem efetuados. Assim, foi revogada a IN nº 32/2010, surgindo em seu lugar a Portaria n° 557, de 30 de março de 2022 (Brasil, 2022b). O resultado do trabalho alcançou grande impacto, dirimindo dúvidas e balizando os coeficientes da legislação revisada com o retrato atual da composição das carcaças e cortes.

Saúde Única é chave no enfrentamento de desafios

A pandemia de covid-19 foi uma situação exógena, inesperada, que impactou profundamente a saúde humana, colocando à prova a capacidade global de conter a doença, proteger os indivíduos e, ao mesmo tempo, garantir o abastecimento de alimentos. Causada por uma nova cepa de coronavírus, até então sem tratamento ou vacina disponível, as ações preventivas incluíram a restrição de movimentação de pessoas, exigindo adaptações na forma de trabalhar e atender clientes e consumidores.

Logo no início da pandemia, a Embrapa Suínos e Aves prontamente atendeu à solicitação da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e disponibilizou instruções técnicas para orientar os avicultores a trabalhar de forma segura, de maneira a preservar sua saúde, mantendo a produção e segurança dos alimentos. A pandemia desencadeou a maior crise global sanitária e econômica em mais de um século. A avicultura, no entanto, destacou-se no agro brasileiro pela capacidade de atender os preceitos de segurança e de sustentabilidade para produzir alimentos, gerar renda e empregos e abastecer mercados. A pandemia de covid-19 também alertou sobre a proximidade cada vez maior entre humanos

e reservatórios naturais (muitos ainda desconhecidos) de patógenos, que incluem espécies animais usadas para alimentação em alguns países, segundo tradições locais. A capacidade de muitos agentes virais de se adaptar a novos hospedeiros ressalta o potencial de emergência e disseminação de muitas enfermidades víricas. De fato, a covid-19 consolidou a necessidade de trabalhar colaborativamente e globalmente com abordagem de Saúde Única, entendendo-se que humanos, animais e ambiente estão interconectados e cujos reflexos transcendem fronteiras.

A produção de alimentos é o típico caso em que o enfrentamento multissetorial por Saúde Única, através de práticas preventivas e sustentáveis, ampara a inocuidade dos produtos. Animais e humanos compartilham ecossistemas e muitas das enfermidades mútuas são zoonóticas, cujos patógenos podem ser mantidos ou disseminados pelo ambiente, recirculando pela cadeia alimentar. O tratamento dessas enfermidades frequentemente envolve moléculas usadas tanto pela medicina quanto pela veterinária, e isso reforça a responsabilidade compartilhada.

Notadamente, a maciça disseminação de bactérias multirresistentes a antimicrobianos em humanos, animais e no ambiente, a carência de desenvolvimento de novos fármacos e a crescente dificuldade ou impossibilidade de tratar infecções bacterianas na medicina e na veterinária com as moléculas atualmente disponíveis levaram a Organização Mundial de Saúde (OMS) a lançar o Plano de Ação Global em Resistência aos Antimicrobianos (RAM) 2015 (Organização Mundial de Saúde, 2015). O plano foi concebido já sob a ótica da Saúde Única, buscando, essencialmente, conscientizar, prevenir a RAM e preservar a eficácia dos antimicrobianos. Os objetivos estabelecidos nesse plano pela então colaboração tripartite (OMS, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura - FAO e Organização Mundial de Saúde Animal - OMSA) guiou as ações em cada esfera.

Foi o caso do Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da RAM na Agropecuária (PAN-BR Agro), lançado pelo Mapa em 2018 e do qual a Embrapa tem sido parceira efetiva desde a sua elaboração (Brasil, 2018). Desde então, as prioridades de pesquisa elencadas pelo PAN-BR Agro têm direcionado as ações da Embrapa Suínos e Aves em RAM. Os estudos da Unidade já indicavam uma tendência de aumento de RAM em salmonelas paratíficas em granjas de frangos, evoluindo para maior frequência de cepas de *Salmonella* e também de *Campylobacter jejuni* resistentes a fluorquinolonas e/ou cefalosporinas de terceira e quarta geração, que são classes criticamente importantes de alta prioridade, segundo a categorização de relevância da OMS (Organização Mundial da Saúde, 2024). Como uma das ações colaborativas com o PAN-BR Agro, a Unidade atendeu solicitação do Mapa e coordenou a elaboração de um guia de uso racional de antimicrobianos na avicultura de corte.

Um novo foco de atuação da Unidade, com abordagem em Saúde Única, tem sido no respaldo científico quanto ao impacto do uso profilático de antimicrobianos em frangos e na capacidade de práticas produtivas comuns. Um exemplo é o tratamento de cama reutilizada e a compostagem voltados para a mitigação da disseminação de bactérias resistentes ou de elementos genéticos relacionados a RAM entre lotes e no ambiente.

A complexidade da avicultura permaneceu proporcional ao crescimento observado no setor no período 2010–2025, com marcado protagonismo dos consumidores, e isso só aumentou a relevância da prevenção de bactérias contaminantes da carne de aves. Em 2016, o Mapa unificou as medidas oficiais de controle e monitoramento de salmonelas aviárias nas granjas de frangos e perus de corte e nos abatedouros de frangos, galinhas e perus registrados no SIF em uma única Instrução Normativa (IN nº 20/2016), estabelecendo um nível adequado de proteção aos consumidores de carne de aves (Brasil, 2016). Essa IN prevê procedimentos específicos na granja em caso de positividade para sorotipos relevantes de *Salmonella*, incluindo o tratamento de cama antes da remoção do aviário e descarte.

Os estudos realizados pela Embrapa Suínos e Aves nesse período já mostravam flutuações temporais na predominância de salmonelas paratíficas nas granjas de frangos de corte. Sorotipos pouco invasivos, mas com alta capacidade de sobrevivência ambiental e potencial de causar infecção humana pelo consumo de carne de aves contaminada, passam a ter maior prevalência. Se as salmonelas paratíficas mais prevalentes no período anterior, como *S.* Enteritidis, eram mais eficientemente eliminadas da cama de frangos reaproveitada entre lotes, os sorotipos emergentes (*S.* Heidelberg e *S.* Minnesota), com características de persistência no ambiente avícola, aumentaram a complexidade dos programas de controle integrado de salmonelas nas granjas. Esses programas de controle atraíram produtos disruptivos para melhoria da saúde intestinal avícola e redução da colonização por salmonelas, como bacteriófagos (fagos) líticos, uma nova possibilidade de aditivo zootécnico para alimentação animal.

Nesse período, a Embrapa aperfeiçoou um ativo pré-tecnológico à base de fagos, inicialmente voltado para controle de *S.* Enteritidis, produzindo então um protótipo de biofármaco com fagos 100% nacionais para redução de *S.* Heidelberg em frangos (Figura 13.2). Esse ativo biológico foi gerado dentro do novo macroprocesso de inovação da Embrapa, o qual passou a ser marcado por novos elementos de planejamento e de programação interna para alcançar um equilíbrio entre a geração de tecnologias e a inserção dessas soluções no mercado, estimulando a inovação aberta e o codesenvolvimento de respostas junto ao setor produtivo.

Foto: Luiza Biesus

Figura 13.2. Desenvolvimento de biofármaco para controle de salmonelas aviárias usando bacteriófagos nacionais.

Confirmando uma tendência que já era apontada antes de 2010, a campilobacteriose se consolidou entre as principais enfermidades bacterianas relacionadas ao consumo de carne de aves contaminada nos países de média e alta renda, em alguns dos quais ultrapassando o número de infecções por salmonelas, até então a principal bactéria contaminante de alimentos. Embora os registros oficiais de campilobacteriose humana sejam esporádicos no Brasil, nem sempre compondo a rotina de investigação, a relevância da produção de carne de frangos para o país e o compromisso com a inocuidade do produto motivaram as ações da Embrapa Suínos e Aves nesse tema.

As diretrizes do Codex Alimentarius para controle de *Salmonella* e *Campylobacter* em carne de aves, que teve participação da Unidade no grupo de trabalho do Mapa, culminaram com recomendações para os países implantarem estratégias de controle baseadas em boas práticas de higiene e em perigos, reduzindo as infecções humanas e amparando práticas leais de comércio do produto entre países. Posteriormente, a Comunidade Europeia estabeleceu um critério de higiene no abate de frangos com base na contaminação de carcaças por *Campylobacter*, que passou a ser uma das referências de limites dessa bactéria na carne de frangos.

Neste contexto, amparada pela experiência e resultados de anos de pesquisas, a Embrapa Suínos e Aves ofertou treinamento e capacitação de pessoal de laboratórios públicos e privados para detecção e quantificação de *Campylobacter* em material de campo e carne de frangos. Os estudos mostraram que, após o vazio entre lotes, a detecção de *Campylobacter* começa a partir dos 21 dias, alcançando até 100% de positividade nas amostras colhidas na idade pré-abate. Isolados de campo de granjas comerciais parecem compor grupos clonais específicos relacionados a cada empresa, sugerindo associação epidemiológica e recirculação de cepas entre as granjas integradas/associadas a cada agroindústria. Se, por um lado, a frequência de *Campylobacter* em carne de frangos resfriada no varejo foi de 70%, por outro, a maioria das amostras apresentou quantificação média abaixo de 3 $\log_{10}$ UFC, correspondente ao limite satisfatório estabelecido para carcaças de frangos pela União Europeia.

Ainda, os estudos confirmaram que a bactéria em carne de frangos reduz ao longo do tempo de cozimento, reforçando o papel preventivo das boas práticas de higiene e de preparo do produto pelos manipuladores de alimentos e consumidores, como último elo da cadeia produtiva. As pesquisas da Unidade originaram um extenso acervo de cepas de *Campylobacter*, que se encontra depositado na Coleção de Microrganismos de Interesse de Suínos e Aves (Cmisea) e atende a pedidos de intercâmbio de diferentes instituições públicas e privadas.

Cama de aviário e sua relação com os anticoccidianos

A utilização de anticoccidianos em animais destinados à alimentação iniciou nos anos 1940, quando o uso de tetraciclinas em animais resultou em melhora do crescimento. Com o uso intensivo destas moléculas, foram implementadas regras de utilização na produção animal e o monitoramento de resíduos em produtos oriundos de animais de produção. No Brasil, o Mapa implantou o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) como ferramenta de gerenciamento de risco com o objetivo de promover a segurança química dos alimentos de origem animal produzidos no Brasil, realizando análises de diversas substâncias químicas em diferentes matrizes alimentares (incluindo carne de frango) (Brasil, 2024b). O relatório deste monitoramento é divulgado à sociedade anualmente desde 2010.

Um dos grupos de produtos avaliados é o dos anticoccidianos, os quais são adicionados à ração das aves com o objetivo de controlar a coccidiose, doença causada pelo protozoário do gênero *Eimeria*, responsável por grandes perdas econômicas do setor. O uso dos anticoccidianos é permitido seguindo regras específicas estabelecidas pelo Mapa. Neste contexto, após verificação de não conformidades no PNCRC relacionadas à nicarbazina em músculo (um dos anticoccidianos mais comumente usados na ração de frangos), um dado considerado intrigante, a Embrapa Suínos e Aves realizou um extenso trabalho de avaliação sobre a possível interferência da reutilização da cama de aviário como possível fator de contaminação.

A reutilização da cama é prática de manejo comum na criação de frangos, sendo importante para reduzir os custos de produção e contribuir para a sustentabilidade ambiental. Considerando que (a) os frangos tratados com nicarbazina eliminam o seu metabólito (dinitrocarbanilida, DNC) principalmente por meio das excretas e (b) as aves possuem o hábito natural de consumir cama, especialmente no período de jejum pré-abate, um estudo de avaliação longitudinal foi realizado para avaliar o possível impacto do reúso da cama na deposição de resíduos de DNC no tecido cárneo dos frangos. O estudo, realizado com dez lotes consecutivos de frangos de corte, possibilitou concluir que o reúso da cama não é fator determinante na contaminação da carne de frango por este metabólito. Assim, a utilização de nicarbazina na criação de frango em condições de reúso da cama é prática segura, desde que seguidas as regras de uso (dosagem e período de retirada recomendados).

O controle e o monitoramento do uso de anticoccidianos não está unicamente relacionado à segurança dos alimentos na produção de aves. O uso de anticoccidianos também é foco de controle quando se trata de resistência, o que

tem chamado atenção de organizações mundiais que buscam estabelecer metas de utilização para os próximos anos.

Por sua vez, a nanotecnologia aplicada a produtos veterinários tornou-se, nos últimos anos, uma emergente área da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico. Diversos nanossistemas têm sido investigados na terapêutica animal, criação, reprodução e nutrição, demonstrando potencial para aprimorar os efeitos biológicos de medicamentos, reduzir doses administradas e minimizar efeitos tóxicos. Neste contexto, a Embrapa Suínos e Aves contribuiu com pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de formulações de toltrazuril - um anticoccidiano de amplo espectro e amplamente utilizado na produção de aves - encapsulado em nanopartículas poliméricas.

Essa abordagem surge como uma alternativa promissora aos tratamentos convencionais da coccidiose em frangos de corte, especialmente diante do aumento de isolados de *Eimeria* spp. resistentes a anticoccidianos. Esta alternativa a tratamentos convencionais mostra um caminho promissor para o manejo dessa parasitose, uma vez que os resultados das pesquisas da Embrapa revelaram que a formulação encapsulada permite a redução pela metade da dose do anticoccidianos, com eficácia equivalente à dosagem convencional. Além disso, constatou-se diminuição na concentração de resíduos do fármaco na carne, reforçando o potencial para um manejo mais sustentável e eficiente da parasitose.

Trabalhos como estes revelam as diversas faces dos anticoccidianos no setor produtivo e pesquisas relacionadas ao tema são continuamente demandadas, pois contribuem para a competitividade do setor produtivo, implicando na redução de barreiras comerciais, na produção de alimentos seguros para o consumo humano, e também para a Saúde Única. Os anticoccidianos são essenciais à manutenção da vida e, portanto, devem ser utilizados com prudência para que seus benefícios possam ser usufruídos a longo prazo.

Desafios futuros em termos de segurança dos alimentos

A carne de aves é a segunda mais produzida e consumida no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador de carne de frangos no mundo. Em um mundo em que a demanda por carne de aves continua a crescer globalmente, a procura por essa carne segura e produzida de forma sustentável exige uma estratégia multifacetada que vá além dos métodos tradicionais de produção e processamento. A inspeção moderna da carne de aves exige uma mudança significativa para abordagens baseadas no risco que atribuam eficazmente os recursos para fazer face às ameaças mais significativas para a saúde pública. A utilização responsável de antimicrobianos, centrada na prevenção e na minimização da dependência de

antibióticos, é crucial para reduzir a seleção de bactérias resistentes. As tecnologias emergentes, como o diagnóstico avançado e a terapia com bacteriófagos, são complementos valiosos dos métodos tradicionais, prometendo uma melhor detecção e controle dos agentes patogênicos.

No entanto, a implementação bem-sucedida de um sistema abrangente de segurança da carne de aves exige a colaboração de toda a cadeia de valor. Isto envolve produtores, processadores, organismos reguladores e investigadores que trabalham em conjunto para adotar e implementar práticas robustas e baseadas em provas que garantam a segurança alimentar, promovam o bem-estar animal e protejam a comunidade global da ameaça de doenças de origem alimentar. Esta abordagem coordenada, alimentada pela investigação em curso e pela inovação tecnológica, abrirá caminho a um futuro mais seguro e sustentável para a indústria avícola. Além disso, as novas tecnologias, como a nanotecnologia aplicada, o uso de fagos, a biosseguridade e o uso de vacinas, devem ser as principais áreas de apoio para que a avicultura continue fornecendo uma carne segura e saudável.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 32 de 03 de dezembro de 2010. Estabelecer os parâmetros para avaliação do Teor de Água Contida nos Cortes de Frangos, resfriados e congelados. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 233, p. 15, 7 dez. 2010. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=15&data=07/12/2010. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes PNCRC / Animal**. Brasília, DF, 1 ago. 2024b. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes#:~:text=O%20Plano%20Nacional%20de%20Controle,origem%20animal%20produzidos%20no%20Brasil. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. **Plano de Ação Nacional para Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no âmbito da agropecuária**: PAN-BR Agro 2018-2022. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/resistencia-aos-antimicrobianos/pan-br-agro/PANBRAGROv.1.0maio2018.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de outubro de 2016. Estabelece o controle e o monitoramento de Salmonella spp. nos estabelecimentos avícolas comerciais de frangos e perus de corte e nos estabelecimentos de abate de frangos, galinhas, perus de corte e reprodução, registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF), com objetivo de reduzir a prevalência desse agente e estabelecer um nível adequado de proteção ao consumidor, na forma desta Instrução Normativa e dos seus Anexos I a IV. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 205, p. 13-16, 25 out. 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22061817/do1-2016-10-25-instrucao-normativa-n-20-de-21-de-outubro-de-2016-22061778-22061778. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n° 557 de 30 de março de 2022. Aprova os parâmetros para avaliação do teor total de água contida em carcaças e cortes frango. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 62, 31 mar. 2022b. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-557-de-30-de-marco-de-2022-389824103. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 736, de 29 de dezembro de 2022. Aprova os procedimentos para a adesão dos abatedouros frigoríficos registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ao Sistema de Inspeção com Base em Risco aplicável aos frangos de corte. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 246, p. 25, 30 dez. 2022a. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-sda-n-736-de-29-de-dezembro-de-2022-454816449. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1.023, de 29 de fevereiro de 2024. Aprova os procedimentos para a avaliação microbiológica do desempenho higiênico-sanitário do processo de abate de frangos de corte em Abatedouros Frigoríficos registrados no Serviço de Inspeção Federal - SIF, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e Pecuária. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 43, p. 6, 4 mar. 2024a. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=04/03/2024&jornal=515&pagina=6&totalArquivos=228. Acesso em: 1 abr. 2025.

EUROPEAN UNION. European Council. Commission Regulation (EU) no. 2017/1495 of 23 August 2017, amending Regulation (EC) no. 2073/2005 as regards Campylobacter in broiler carcasses. **Official Journal of the European Union**: v. 60, L218, p. 1, 24 Aug. 2017. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2017:218:TOC. Acesso em: 1 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Global action plan on antimicrobial resistance**. WHO: Geneve, 2015. 28 p. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763. Acesso em: 2 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **WHO list of medically important antimicrobials**: a risk management tool for mitigating antimicrobial resistance due to non-human use. WHO: Geneve, 2024. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default- source/gcp/who-mia-list-2024-lv.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

OSTERTAG, R. **Handbook of meat inspection**. London, Bailliere, Tindall & Cox, 1904. 889 p. Disponível em: https://wellcomecollection.org/works/vxppv739. Acesso em: 1 abr. 2025.

Literatura recomendada

BARON, L. F.; FONSECA, F. N.; MACIAG, S. S.; BELLAVER, F. A. V.; IBELI, A. M. G.; MORES, M. A. Z.; ALMEIDA, G. F.; GUTERRES, S. S.; BASTOS, A. P. A.; PAESE, K. Toltrazuril-loaded polymeric nanocapsules as a promising approach for the preventive control of coccidiosis in poultry. **Pharmaceutics**, v. 14, p. 392, 2022.

BESSA, M. C.; SIMONE HAAS, S.; ROSANE CAMPANHER RAMOS, R. C.; ROCHA, R.; VOSS-RECH, D.; REBELATTO, R.; DUARTE, S. C.; COLDEBELLA, A.; VAZ, C. S. L. Survey of Campylobacter in foods implicated in foodborne diseases in Southern Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 62, e90, 2020.

CARON, L.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; KINDLEIN, L.; DUARTE, S. C. (ed.). **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de frango de corte - inspeção baseada em risco**: opinião científica. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 247 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 245). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1165568/1/Doc-245-Modernizacao-da-inspecao-sanitaria-em-abatedouros.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

CODEX Alimentarius 2005. Code of hygienic practice for meat: CXC/RCP 58-2005. Roma: FAO: Geneva: WHO, 2005. 51 p. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee/related-standards/en/?committee=CCMPH. Acesso em: 1 abr. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. Study of physiological water content of poultry reared in the UE. Luxembourg: UK National Reference Laboratory - LCG, 2012. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2020-02/ext-study-water-poultry-leaflet_2012_en_0.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

FEDDERN, V.; SCHEUERMANN, G. N.; COLDEBELLA, A.; GRESSLER, V.; BEDENDO, G. C.; CARON, L.; PEDROSO, A. C.; BACILA, D. M.; CUNHA, A. Nicarbazin residue in tissues from broilers reared on reused litter conditions. **Animals**, v. 12, p. 3107, 2022.

POZZA, J. S.; VOSS-RECH, D.; LOPES, L. S.; VAZ, C. S. L. Research note: a baseline survey of thermotolerant Campylobacter in retail chicken in southern Brazil. **Poultry Science**, v. 99, p. 2690–2695, 2020.

VAZ, C. S. L.; STRECK, A. F.; MICHAEL, G. B.; MARKS, F. S.; RODRIGUES, D. P.; DOS REIS, E. M. F.; CARDOSO, M. R. I.; CANAL, C. W. Antimicrobial resistance and subtyping of Salmonella enterica subspecies enterica serovar Enteritidis isolated from human outbreaks and poultry in southern Brazil. **Poultry Science**, v. 89, p. 1530–1536, 2010.

VAZ, C. S. L.; TREVISOL, I. M. **Covid-19**: o que o avicultor precisa saber. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 2 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Avicultor, 38).

VAZ, C. S. L.; VOSS-RECH, D.; ALVES, L.; COLDEBELLA, A.; BRENTANO, L.; TREVISOL, I. M. Effect of time of therapy with wild-type lytic bacteriophages on the reduction of Salmonella Enteritidis in broiler chickens. **Veterinary Microbiology**, v. 240, 108527, 2020.

VAZ, C. S. L.; VOSS-RECH, D.; de AVILA, V. S.; COLDEBELLA, A.; SILVA, V. S. Interventions to reduce the bacterial load in recycled broiler litter. **Poultry Science**, v. 96, p. 2587-2594, 2017.

VAZ, C. S. L.; VOSS-RECH, D.; LOPES, L. S.; SILVA, V. S. Applied research note: Pulsed-field gel electrophoresis and antimicrobial resistance profiles of Campylobacter jejuni isolated from Brazilian broiler farms. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 30, 100168, 2021a.

VAZ, C. S. L.; VOSS-RECH, D.; POZZA, J. S.; COLDEBELLA, A.; SILVA, V. S. Isolation of Campylobacter from Brazilian broiler flocks using different culturing procedures. **Poultry Science**, v. 93, p. 2887–2892, 2014.

VAZ, C. S. L.; VOSS-RECH, D.; REBELATTO, R.; DUARTE, S. C.; COLDEBELLA, A.; BESSA, M. C. Survival of Campylobacter jejuni in chicken at refrigeration and cooking temperatures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02405, 2021b.

VOSS-RECH, D.; KRAMER, B.; SILVA, V. S.; REBELATTO, R.; ABREU, P. G.; COLDEBELLA, A.; VAZ, C. S. L. Longitudinal study reveals persistent environmental Salmonella Heidelberg in Brazilian broiler farms. **Veterinary Microbiology**, v. 233, p. 118-123, 2019.

VOSS-RECH, D.; TREVISOL, I. M.; BRENTANO, L.; SILVA, V. S.; REBELATTO, R.; JAENISCH, F. R. F.; OKINO, C. H.; MORES, M. A. Z.; COLDEBELLA, A.; BOTTON, S. de A.; VAZ, C. S. L. Impact of treatments for recycled broiler litter on the viability and infectivity of microorganisms. **Veterinary Microbiology**, v. 203, p. 308- 314, 2017b.

VOSS-RECH, D.; VAZ, C. S. L.; ALVES, L.; COLDEBELLA, A.; BOTTON, S. A.; ZIECH, R. E.; KUCHIISHI, S. S.; BALZAN, C.; MATTER, L.; VARGAS, Á. C. Association between antimicrobial resistance and biofilm forming ability of Salmonella enterica serotypes from commercial broiler farms in Brazil. **British Poultry Science**, v. 64, p. 224-230, 2023.

VOSS-RECH, D.; VAZ, C. S. L.; ALVES, L.; COLDEBELLA, A.; LEÃO, J. A.; RODRIGUES, D. P.; BACK, A. A temporal study of Salmonella enterica serotypes from broiler farms in Brazil. **Poultry Science**, v. 94, p. 433–441, 2015.

VOSS-RECH, D.; ZIECH, R. E.; VAZ, C. S. L.; COLDEBELLA, A.; KUCHIISHI, S. S.; BALZAN, C.; MATTER, L.; VARGAS, Á. C.; BOTTON, S. A. Antimicrobial resistance in nontyphoidal Salmonella isolated from human and poultry-related samples in Brazil: 20-year meta-analysis. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 14, p. 116-124, 2017a.

WÜRFEL, S. F. R.; VOSS-RECH, D.; POZZA, J. S.; COLDEBELLA, A.; SILVA, V. S.; VAZ,C. S. L. Population dynamics of thermotolerant Campylobacter in broilers reared on reused litter. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 16, p. 738-743, 2019.

CAPÍTULO 14

Papel indispensável na evolução da avicultura

Gilberto Silber Schmidt, Paulo Giovanni de Abreu e Valdir Silveira de Avila

Soluções da Embrapa em manejo e sistemas de produção de frangos de corte | 1975–2010

A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu soluções importantes que aperfeiçoaram o manejo em sistemas de produção de frango de corte a partir dos anos 1980. Uma das primeiras contribuições foram testes de materiais alternativos para a cama utilizada em aviários. Em 1991, foram estudados materiais alternativos (capins napier, braquiária e gordura e a casca de arroz moída) e testadas diferentes densidades (10, 12 e 14 aves/m²) em épocas distintas. Os resultados mostraram que os materiais testados poderiam substituir a maravalha, tanto na época quente quanto na fria.

Outros materiais alternativos testados foram sabugo de milho, capim-cameron, resto da cultura da soja, resto da cultura do milho e serragem. Os resultados demonstraram que era possível a utilização de qualquer material testado. A opção de uso depende basicamente da disponibilidade, da qualidade, do custo ou da finalidade de sua utilização após descarte do lote. Outros estudos sobre cama aviária analisaram a utilização do gesso agrícola ou da cal no tratamento da cama de aviário reutilizada e a eficiência ventiladores fixos e oscilantes. Na segunda metade dos anos 2000, a Embrapa analisou outros materiais alternativos para a cama aviária, como a acícula de pinus, areia, bagaço de cana, grama e palhada de milho. Os resultados mostraram que as aves criadas nas camas de areia e de bagaço de cana apresentaram maior peso corporal e menor conversão alimentar.

Recomendações sobre ambiência e bem-estar animal

Com o advento da climatização nos aviários, as primeiras recomendações sobre ambiência surgiram no final dos anos 1990 (Perdomo, 1998). Em 2006, a Embrapa publicou um estudo sobre a relação custo/benefício da utilização de forro na criação de aves. A pesquisa chegou à conclusão que a utilização de forro possibilitou melhor desempenho zootécnico, conforto térmico e redução do custo de produção. Em continuidade aos estudos de bem-estar das aves, a Embrapa verificou que o sistema de aquecimento mais indicado nos anos 2000 era o de placa de argamassa com cobertura plástica sobre o círculo de proteção.

A Embrapa Suínos e Aves analisou também a eficiência de diferentes fontes de aquecimento para pintainhos em aviários (lenha, briquete de carvão, biocombustível e GLP). Foi evidenciado que o desempenho das aves é semelhante em todos os sistemas de aquecimento. A Embrapa comparou também o desempenho de dois tipos de piso de aviários: concreto e chão batido. Ambos proporcionaram performances semelhantes aos frangos de corte. Além disso,

a Embrapa fez recomendações sobre programas de luz para frangos de corte. De acordo com os pesquisadores da Embrapa, os melhores resultados para o conforto térmico das aves foram encontrados ao se utilizar o programa de luz contínua e a cortina amarela.

Resíduos da produção de aves

A Embrapa contribuiu decisivamente para que as carcaças de aves mortas passassem a ter um destino mais adequado a partir dos anos 2000. Os estudos da Unidade avaliaram materiais (acícula de pinus, bagaço de cana, palha de milho, casca de amendoim, capim e maravalha) que poderiam ser usados como substrato nas leiras de compostagem de carcaça de aves. Todos os substratos foram eficientes na decomposição das carcaças de aves. Além disso, os valores da composição físico-química final dos substratos estavam de acordo com os valores contemplados na Instrução Normativa (IN-23). Outra contribuição, no início dos anos 2000, trouxe informações relevantes para a melhoria do manejo pré-abate de frangos de corte, principalmente sobre os efeitos da temperatura e jejum sobre indicadores de estresse em frangos abatidos aos 35 e 49 dias.

"Soluções para o manejo de aves melhoraram desde a cama até as condições térmicas de aviário; a Embrapa trabalhou também para a **avicultura colonial**."

Sistema de avicultura colonial

Para a avicultura colonial, considerando a pequena propriedade, a Unidade sugeriu um sistema de criação de aves em semiconfinamento nos anos 2000. No sistema, parte do tempo as aves se mantinham dentro do aviário e parte pastejando, ciscando e caminhando soltas em um espaço ao redor do aviário. Para reduzir o custo de produção, a Embrapa propôs instalações alternativas, casos da cerca elétrica e do aviário móvel. Por fim, foram realizados testes com materiais isolantes alternativos e recicláveis visando conforto térmico de instalações.

Papel indispensável na evolução da avicultura

O desenvolvimento e a adoção de inovações tecnológicas foram os alicerces para o avanço da avicultura mundial. Esse processo se efetivou na década de 1970, com a entrada de empresas processadoras no mercado e especialistas no processo de produção de frango. Transformações tecnológicas, técnicas de produção intensiva e o desenvolvimento de genética adaptada contribuíram para o progresso da atividade. Nesse mesmo período, em Santa Catarina, surgiu o sistema de integração vertical da produção, com a parceria entre a indústria de processamento e os produtores.

O modelo integrado passou a contar com o apoio da agroindústria no fornecimento dos principais insumos da atividade, como ração e medicamentos, além de assistência técnica e fornecimento das aves ao produtor. O novo sistema de produção, considerado mais verticalizado e intensivo, contribuiu para o desenvolvimento da avicultura nacional, principalmente nos quesitos relacionados à biosseguridade, qualidade dos animais e produção de carne. A presença da integradora, por sua vez, tornou a atividade mais organizada, estabelecendo padrões de manejo e de boas práticas de produção, com o importante respaldo no fornecimento de assistência técnica para os produtores.

A avicultura foi o setor agropecuário de maior desenvolvimento nas últimas décadas e tem um papel importante no fornecimento de proteína animal de qualidade e baixo custo, garantindo a segurança alimentar dos brasileiros e de

muitos países importadores. No Brasil, a avicultura é uma das principais cadeias do agronegócio nacional e ocupa ainda um lugar de destaque no cenário mundial. O Brasil é há alguns anos o segundo maior produtor e o maior exportador de carne de frango. Nos ovos, o país é o quinto maior exportador e está entre os dez maiores produtores do mundo. Já na produção da carne de peru, o Brasil é o segundo maior produtor mundial.

Atualmente, o Brasil produz mais de 15 milhões de toneladas de carne de frango por ano, disponibilizando proteína de qualidade para 151 países, com um consumo per capita interno de 45,1 kg/habitante, gerando empregos para cerca de 5% da população economicamente ativa. A produção de ovos está ao redor de 52 bilhões de unidades por ano, atendendo cerca de 82 países e com um consumo per capita interno crescente, passando de 168 para 242 ovos por habitante nos últimos dez anos (Mais detalhes estão descritos no Capítulo 2).

As duas atividades geram cerca de R$ 116 bilhões por ano, impactando diretamente a economia e motivando emprego e renda para toda a cadeia produtiva. A cadeia produtiva de peru contribui com 133,3 mil toneladas de carne por ano, sendo que as exportações são para 78 países e corresponderam a 69,8 mil toneladas no ano de 2023. O consumo per capita do Brasil é de 0,3 kg por habitante (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2025).

Vários fatores contribuíram para que a avicultura nacional alcançasse este patamar de destaque no cenário mundial. Um dos principais foi o avanço constante obtido nos índices técnicos, aliado à capacidade de produção e organização das agroindústrias e à qualidade dos produtos, que atendem tanto aos mercados interno quanto externo, colocando o país em notável potencial socioeconômico. Além disso, são as fontes mais importantes na produção de proteína animal. O alto desempenho dessas cadeias produtivas é reflexo do aprimoramento das técnicas de manejo, de nutrição, dos programas de melhoramento genético, dos controles de biossegurança, das tipologias construtivas e da modernização do modelo de gestão, bem como da tecnificação do sistema de produção e da profissionalização dos produtores.

A avicultura não se limita apenas à produção de carne ou ovos, pois está ancorada em uma extensa cadeia que inclui a produção do material genético, o alojamento de avós e matrizes, o incubatório, a produção de pintos e pintainhas, a criação e produção das aves, o processamento e comercialização. Acrescenta-se ainda o envolvimento das cadeias de suprimentos, como a produção de grãos, medicamentos, vacinas, equipamentos, entre outros, que vêm se adaptando para as necessidades de aumento da produtividade e eficiência, de forma sustentável e em atendimento às exigências do mercado consumidor. A avicultura, além da cadeia específica de produção, depende de cadeias precedentes e subsequentes,

que desempenham papéis importantes no fornecimento de suprimentos e, em muitos casos, na introdução e adoção de inovações tecnológicas, que ampliam a eficiência produtiva, a competitividade e a sustentabilidade do setor.

A evolução nos índices técnicos, decorrente das inovações tecnológicas, possibilitou melhorias significativas na competitividade do setor avícola brasileiro. Nos anos 1970, o frango alcançava um peso de 1,80 kg e uma conversão alimentar de 2,50 com 56 dias de idade, resultados que foram superados pelos índices atuais, de 3,20 kg e 1,50 com 42 dias, respectivamente. Em relação às aves de postura, a viabilidade no pico de produção passou de 94 para 97%, a mortalidade reduziu de 2 a 3%, o consumo de ração reduziu 1,33 kg e o peso corporal reduziu 70 g, além da melhoria na qualidade dos ovos produzidos.

A produção de frango no Brasil impulsiona a economia nacional e garante o abastecimento interno, além de atender a um mercado externo, trazendo divisas importantes para o país. A busca constante por maior competitividade e sustentabilidade exige a implementação de novas estratégias e o aprimoramento contínuo dos sistemas de produção.

A Embrapa Suínos e Aves teve papel indispensável no desenvolvimento da avicultura nacional, atuando diretamente no desenvolvimento de inovações tecnológicas, na adaptação de tecnologias desenvolvidas no setor privado ou nas instituições de ciência e tecnologia do Brasil e do exterior e através de programas estratégicos de transferência de tecnologia. Embora em alguns temas a Unidade tenha atuado de maneira a contribuir com as melhorias em todos os elos do sistema produtivo, em função de restrições orçamentárias e de recursos humanos maiores esforços foram concentrados nas áreas de manejo, bem-estar animal, ambiência e sanidade nas cadeias de carne e ovos, e manejo pré-abate, abate e processamento na produção de frango de corte.

Contribuições da Embrapa para o manejo na avicultura

A disseminação de uma visão segmentada da avicultura no Brasil, a partir das múltiplas dimensões dos estabelecimentos agropecuários, tem o potencial de fortalecer a inteligência estratégica da Embrapa Suínos e Aves, aprimorando o foco de projetos de pesquisa e desenvolvimento, ações de transferência de tecnologia e comunicação e, em última instância, a sua agenda de prioridades. Da mesma forma, é um importante subsídio para a elaboração de políticas públicas por parte de órgãos de governo e empresas de assistência técnica e extensão rural, bem como para a elaboração de ações setoriais por parte de associações e sindicatos de representação, agroindústrias, cooperativas, fornecedores de insumos e equipamentos e o sistema financeiro. Assim, foi disponibilizada a publicação

que traz o dimensionamento e a caracterização da avicultura nacional. O trabalho abordou a atividade no Brasil, nas cinco grandes regiões, a partir do Censo Agropecuário 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As informações podem ser acessadas também no Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa (Redape) (Miele; Almeida, 2023).

O desenvolvimento da avicultura brasileira pode ser atribuído, em grande parte, à implementação de inovações tecnológicas nas áreas de genética, nutrição e sanidade, aliadas à modernização dos sistemas de produção. Essa combinação de fatores proporcionou um aumento substancial na eficiência alimentar e na organização do setor. Essas inovações ocorreram inicialmente devido à aquisição de tecnologias importadas por meio de pacotes tecnológicos e, a partir dessas aquisições, houve um processo de aperfeiçoamento e adaptação dessas tecnologias às condições brasileiras, resultando nesse desenvolvimento. Espíndola (2012) afirma que a capacidade de aprendizado tecnológico foi ainda impulsionada pela assimilação do conhecimento existente, do conhecimento tácito, da regulação estatal e dos incentivos governamentais (Schmidt; Silva, 2018).

As grandes modificações no sistema produtivo, como o alto nível tecnológico e a integração avicultor/agroindústria, deram maior dinamismo à atividade, colocando-a em posição privilegiada em relação a outras atividades pecuárias no Brasil. Para os produtores, esse sistema garante o escoamento da produção, assistência técnica, obtenção de melhores insumos de produção, assegura a produção ininterrupta, propicia maior facilidade de acesso ao crédito e a incorporação mais rápida de inovações tecnológicas (Oliveira et al., 2015).

A intensificação da produção avícola, com o aumento do número de aves por criação, impôs novos desafios logísticos à indústria de abate. A necessidade de otimizar a escala de abate, combinada com a distância entre os aviários e os abatedouros, elevou o risco de atrasos e imprevistos durante o processo. A complexidade da logística envolvida, incluindo o transporte de aves, a movimentação de pessoal e a inspeção dos lotes, aumenta proporcionalmente ao número de criadores e à distância a ser percorrida.

Ambiência e modelos de aviários mais eficientes

A utilização de cortinas amarelas ou azuis e de um programa intermitente de luz nas estações inverno-primavera e quase contínuo no verão-outono (Figura 14.1), com a finalidade de regular o consumo de ração pelas aves, foi uma prática avaliada pela Embrapa nos últimos anos. As pesquisas buscaram responder como o uso das cortinas auxilia no atingimento da curva de crescimento normal das aves sem elevar a mortalidade, o que teria como consequência o comprometimento da

conversão alimentar do lote. Nesse sentido, a Embrapa conduziu experimentos com o objetivo de avaliar o consumo de energia elétrica e o desempenho produtivo, o rendimento da carcaça, suas partes e gordura abdominal, o conforto térmico, o nível de iluminação nos aviários, a evolução da população de cascudinhos nos aviários e realizar a análise de bioeconomia dos sistemas. Os resultados obtidos no teste de avaliação recomendaram a utilização da cortina amarela e programa de luz misto, intermitente nas estações inverno e primavera e quase contínuo no verão e outono (Abreu et al., 2006).

O controle ambiental preciso tem se tornado um fator crucial na avicultura moderna. A agroindústria tem buscado desenvolver modelos de aviários cada vez mais eficientes, com o objetivo de proporcionar um ambiente ideal para o bem-estar das aves e maximizar a produtividade. Estudo realizado pela Embrapa Suínos e Aves avaliou modelos de instalações (*darkhouse* - DH, *bluehouse* - BH, climatizado pressão negativa - PN, climatizado pressão positiva - PP e manual, com áreas de 790, 1.200, 1.560, 1.750 e 2.400 m², respectivamente) quanto ao controle ambiental, luminosidade e economia de nove aviários de Santa Catarina e Paraná, com dados obtidos em 2014. Os aviários com ventiladores e sem controle da temperatura tiveram rentabilidade negativa sobre o capital investido. Concluiu-se também que as melhores instalações proporcionaram maior rentabilidade, mas não é possível definir apenas um modelo ideal, pois o efeito humano também afeta a eficiência, sendo necessários estudos adicionais para essa definição (Talamini et al., 2023).

Em outro estudo, os resultados técnicos e econômicos de frangos de corte foram comparados em dois diferentes modelos construtivos e tecnificados voltados para a climatização ambiental dos aviários. A base para comparação foi o estudo de banco de dados de uma agroindústria com lotes abatidos em quatro regiões do Brasil, abrangendo aproximadamente 7 mil produtores de granjas comerciais, adequados com sistema de ventilação positiva ou convencional e com sistema de ventilação negativa ou climatizada. A duração do estudo foi de 12 meses,

Figura 14.1. Avaliação de cortinas amarelas ou azuis e do programa intermitente de luz no inverno e na primavera, além do programa quase contínuo no verão e no outono, na Unidade de Suruvi da Embrapa Suínos e Aves.

Foto: Paulo Giovanni de Abreu

com análise completa de uma média de seis a oito lotes de criação por produtor, contemplando as diferentes estações do ano. Foram analisados os indicadores técnicos de conversão alimentar, mortalidade e condenações totais e parciais, além dos indicadores financeiros relacionados a faturamentos dos produtores e da empresa, calculados sob os índices produtivos. A hipótese desse trabalho foi que há diferença significativa entre as duas tecnologias, sendo a tecnologia climatizada a mais sustentável para a cadeia de produção de frangos de corte atual.

Novas faixas de conforto térmico dentro dos aviários

Os parâmetros referenciais de conforto térmico dos frangos utilizados atualmente são baseados em informações antigas (década de 1970 e 1980), produzidas no exterior e de forma experimental. Por outro lado, com base no conhecimento empírico, empresas criaram suas próprias tabelas de faixa de conforto térmico. Dessa forma, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu um trabalho para definir faixas de índices de conforto térmico que maximizassem o desempenho zootécnico da produção de frangos. Os resultados obtidos permitiram identificar faixas de conforto ambiental para criação de frangos que permitem melhor associação com o índice de eficiência econômica do que aqueles recomendados pela literatura. Dentre os índices avaliados, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) foi o que apresentou maior correlação com o Índice de Eficiência Econômica (IEE), seguido da entalpia e temperatura. Dessa forma, sugere-se considerar o ITGU como sendo o melhor índice de referência para obtenção do maior IEE (Coldebella et al., 2015).

Boas práticas de produção vinculadas a frangos de corte

As boas práticas de produção com frangos de corte também foram outro foco da Embrapa Suínos e Aves em 2011, com o objetivo de adequar os produtores ao mercado exportador. Geralmente ligados a uma agroindústria integradora, os produtores de frangos de corte familiares enfrentaram, nos últimos 10 anos, o desafio de se integrar cada vez mais ao mercado internacional para se manterem na atividade. Dessa forma, uma ação da Embrapa buscou auxiliar os avicultores de 15 cooperativas integrantes da Cooperativa Central Aurora a adequarem suas propriedades às exigências mercadológicas internacionais, tendo como ponto de partida técnico as Boas Práticas de Produção para Frangos descritas pela Embrapa Suínos e Aves. O projeto também adequou as propriedades a uma nova instrução normativa (IN) do, então, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), publicada no final de 2011.

A cadeia produtiva de perus do Brasil está focada no mercado internacional, pois o mercado interno apresenta baixa demanda. A competitividade das empresas brasileiras no mercado internacional passa pelo uso do benefício do regime especial aduaneiro, o drawback, especialmente considerando os elevados índices de perdas nos períodos de pré-abate e abate observados no Brasil (ver Capítulo 11 para mais detalhes). Importante observar que o uso do drawback pode representar até 46% de redução no uso de determinado insumo (milho, por exemplo), se este for importado, ou até 14% se for proveniente do mercado interno. A viabilização do uso deste regime aduaneiro requer que estejam disponíveis os laudos de conversão, o que é objeto deste resultado por meio de tabelas e planilhas de equivalência entre insumos e produtos para a produção de perus. Embora a exportação de ovos, na forma integral ou processada, pelo Brasil ainda seja incipiente, o uso do benefício de drawback é uma ferramenta fundamental para a competitividade internacional deste segmento produtivo. Através deste resultado, a Embrapa faz importante contribuição ao setor produtivo de aves de postura, viabilizando o acesso ao regime de drawback na fase de produção, melhorando sua competitividade internacional.

Outra contribuição importante da Embrapa nos últimos 15 anos foi o desenvolvimento de métodos mais rápidos, eficientes e de baixo custo para a medição do pH e da temperatura da cama de aviários, sem a necessidade de coleta e envio de amostras para o laboratório. O avanço foi possível a partir da adaptação de um pHmetro de martelo (Testo® 2005), originalmente voltado para a medição do pH em carnes. A solução desenvolvida pela Embrapa alcançou valores confiáveis, medidos em tempo real e de maneira prática.

Termo de ajuste facilita implantação de telamento

A exposição do sistema de produção avícola ao convívio com outros animais tem se tornado cada vez mais preocupante devido aos riscos sanitários. A colocação de telas de malha fina nas paredes laterais dos aviários, em substituição aos antigos "telamentos", tem como função básica evitar a "invasão" por pequenas aves e outros animais de médio porte, que não só consomem ração, mas também atacam as aves e podem transmitir doenças ao plantel. Nesse sentido, em parceria com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a Embrapa liderou um levantamento sobre o uso de telas em aviários. A proposta de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) produzido pela Unidade, com a ABPA e o Instituto Ovos Brasil, auxiliou a decisão do Mapa em adotar alternativas às Instruções Normativas nº 56 e 59.

As INs, que entrariam em vigor em dezembro de 2021, estabeleciam procedimentos para registro, fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas

de reprodução e comerciais. A obrigatoriedade de telar os aviários visava evitar a entrada de aves silvestres, que podem abrigar patógenos com capacidade de contaminar os plantéis. Dentre as mudanças publicadas na Instrução Normativa 36, em dezembro de 2012, estava a exclusão da obrigatoriedade do uso de telas de proteção nos galpões do tipo californiano clássico ou modificado, utilizados em granjas de postura comercial de ovos para consumo.

O diagnóstico espacial da produção de ovos no Brasil, realizado pela Embrapa, apontou que mais de 90% dos produtores de ovos que deveriam se adequar às normas possuíam plantéis que variavam entre 1 mil e 100 mil poedeiras, cuja única instalação viável eram os aviários do tipo californiano, que apresentam dificuldades para serem telados. Também foram apontadas questões como o aumento do custo de produção devido ao gasto com as telas; o manejo de dejetos em aviários telados do tipo californiano; a perda de desempenho pelo barulho e movimento de pessoas durante a limpeza das telas; o entupimento das telas; e a questionada eficiência do telamento para resolver problemas sanitários relativos ao contato com aves de vida livre. Esses estabelecimentos, entretanto, deverão observar um manejo de biossegurança e realizar vigilância com a coleta de amostras, visando a detecção precoce da entrada de doenças avícolas.

Projeto OvOLimpo melhora a avicultura no Nordeste

O estabelecimento de critérios mínimos de boas práticas agropecuárias, apropriados à pequena escala de produção de ovos limpos (OvOLimpo), foi tema de um projeto coordenado pela Embrapa Agroindústria de Alimentos, no qual a Embrapa Suínos e Aves e a Embrapa Meio Norte tiveram participação. O projeto OvOLimpo foi uma demanda de produtores de ovos da agricultura familiar do Nordeste. Nesse projeto, as atividades específicas da Embrapa Suínos e Aves consistiram em estabelecer os critérios mínimos de boas práticas agropecuárias apropriadas à pequena escala de produção de ovos limpos e capacitar agentes multiplicadores responsáveis pelo manejo das granjas.

A contribuição inicial do OvOLimpo foi a elaboração das Recomendações básicas de biosseguridade para pequena escala de produção avícola (Duarte et al., 2019), documento de caráter orientativo definido pela Embrapa Suínos e Aves, em parceria com o Programa Nacional de Sanidade Avícola, destinado aos produtores de aves em pequena escala (até mil animais) que destinam suas aves, produtos e subprodutos a comércios locais intramunicipais e municípios adjacentes. O OvOLimpo integrou ações em biosseguridade avícola com o beneficiamento de ovos, atendendo aos requisitos legais de instalações e equipamentos para agroindústrias de pequeno porte (Brasil, 2017).

A agroindústria OvOLimpo preza pela excelência do produto ao longo da cadeia produtiva, de modo que a verdadeira "fábrica dos ovos" é o galinheiro, enquanto a agroindústria organiza a produção, garante a identidade, a rastreabilidade e o selo de Inspeção Oficial para o acesso ao mercado. Os croquis de agroindústrias OvOLimpo foram desenvolvidos para atender duas escalas de produção, de 900 e 3.600 ovos/dia, numa área útil construída de 15 e 40 m² (Agroindústria, 2024a; 2024b). O beneficiamento dos ovos é a seco, o que dispensa o uso de máquina de lavagem e secagem, reduz os investimentos, racionaliza o fluxo operacional e minimiza o consumo de água e energia.

Foram realizados treinamentos presenciais, videoconferências e disponibilização de materiais produzidos pela Embrapa Suínos e Aves. As discussões para obtenção de critérios mínimos de biosseguridade foram implementadas e contemplaram a união das expertises de toda a equipe do projeto, que incluiu a percepção do produtor e as dificuldades de adoção das práticas de biosseguridade. Foram realizados treinamentos e capacitações de agentes multiplicadores e responsáveis técnicos (RTs) pelas granjas, além de reuniões com fiscais de defesa estadual e Mapa e a participação de professores que trabalhavam com o tema.

Outros temas relevantes nos últimos anos dizem respeito a demandas complexas do setor de produção de ovos, que envolvem alimento seguro, baixo custo de produção e bem-estar animal. Essas demandas e tendências implicam, principalmente, nas condições de alojamento e tratamento dispensados às poedeiras comerciais. Em conexão a esses movimentos, novas regulamentações internacionais que contemplam o bem-estar animal têm sido adotadas como política de responsabilidade quanto à qualidade e segurança dos alimentos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão nacional responsável pela normatização técnica no Brasil. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE) formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normatização.

No caso da ABNT NBR 16437, que trata da Avicultura – Produção, classificação e identificação do ovo caipira, colonial ou capoeira, e da ABNT NBR 16389, Avicultura – Produção, abate, processamento e identificação do frango caipira, colonial ou capoeira, ambas elaboradas pela Comissão de Estudo Especial de Avicultura (CEE-214), a Embrapa Suínos e Aves participou com a presença de pesquisadores nos importantes documentos para a regulamentação da criação de poedeiras livres de gaiolas e de frangos de corte criados em sistemas diferenciados do sistema de criação tradicional.

Na União Europeia, por exemplo, as gaiolas convencionais para produção de ovos foram banidas dos sistemas de produção desde 2012, sendo permitida a adoção de gaiolas enriquecidas (com maior espaço por ave, presença de poleiros, ninhos para oviposição, etc.) e sistemas alternativos (produção orgânica, *cage-free* ou "fora de gaiolas", aviários com produção e alojamento em piso – cama ou *slats* – e acesso ao ambiente externo). Tais normativas vêm chegando ao produtor de ovos gradualmente, por força de políticas públicas, e se materializaram devido à dinâmica da sociedade europeia, que adotou uma abordagem pró-ativa em direção a melhorias na padronização de princípios de bem-estar na produção animal. Contudo, numa análise inicial, alguns elementos dessa transição ainda são incompatíveis: o grande volume de produção de ovos, a um baixo custo e sanitariamente seguros, oriundos de sistemas que preservem integralmente o bem-estar das aves tem-se mostrado, num primeiro momento, conflitante.

No Brasil, os sistemas alternativos de produção de ovos (aves "fora de gaiola" e sistemas orgânicos de produção) ainda são considerados um nicho de mercado por atenderem consumidores com necessidades e hábitos de alimentação específicos. No entanto, é um mercado em expansão, que tem promovido discussões no setor produtivo no sentido de orientar produtores e consumidores quanto aos modelos de produção chamados convencionais e à tendência para a produção alternativa ao padrão tradicional adotado na avicultura brasileira.

Contribuições para a evolução de políticas públicas

As iniciativas para eventuais mudanças no sistema produtivo convencional ainda estão sob discussão em diferentes fóruns técnicos, incluindo a Embrapa Suínos e Aves. Porém, as informações que chegam ao público consumidor sobre o alimento que o mesmo consome são, muitas vezes, desconexas com a realidade das práticas adotadas para a produção de proteínas de origem animal. Ainda não há um consenso na literatura científica indicando que os sistemas de alojamento das poedeiras que hoje coexistem (gaiolas x fora de gaiolas) conduzem à maior vulnerabilidade higiênico-sanitária dos ovos, bem como a ganhos significativos em termos de bem-estar animal.

Em 2024, a Embrapa foi convidada pelo Departamento de Saúde Animal (DSA) do Mapa para participar do Grupo de Trabalho (GT) em saúde e bem-estar das aves nos sistemas de produção avícola, bem como para a participação na Oficina para Análise do Impacto Regulatório (AIR) – Setor Avícola. O objetivo desta oficina foi discutir e avaliar os impactos regulatórios específicos do setor avícola, visando à melhoria contínua e ao fortalecimento das regulamentações vigentes.

Consumo de energia elétrica em diferentes aviários

A demanda por energia elétrica em função do equipamento utilizado no processo produtivo foi alvo de avaliação da Embrapa em 2015. Em termos energéticos, o sistema de criação com maior consumo de energia elétrica é o aviário *darkhouse*, seguido do aviário com pressão negativa (cortina amarela) e do aviário com pressão positiva, respectivamente. Nos aviários darkhouse, consome-se três vezes mais energia por ave alojada do que em um aviário com pressão negativa e quatro vezes mais energia por ave alojada do que em um aviário com pressão positiva. Em termos de equipamentos, consome-se mais energia elétrica com o sistema de ventilação e iluminação em aviários darkhouse, enquanto esse maior consumo, para os aviários com pressão negativa (cortina amarela) e pressão positiva, é devido somente ao sistema de ventilação.

Outro ponto que chama atenção, principalmente com a chegada do inverno, é o consumo de energia elétrica das fornalhas à lenha. Consome-se mais energia elétrica nesses equipamentos do que em equipamentos de arraçoamento e nebulização, o que muitas vezes é negligenciado pelo produtor. Para se ter uma ideia, consome-se 3,5 vezes mais energia elétrica para aquecer o ambiente de um aviário darkhouse do que em um aviário com pressão negativa (cortina amarela). Quanto mais se fecham os aviários, maior se torna a dependência do sistema em energia, pois, além de ter que manter as condições térmicas do ambiente interno dentro das condições exigidas pelas aves para obter o máximo desempenho, é necessário que os mesmos proporcionem renovações de ar para alcançar a ambiência aérea desejada. Portanto, é importante medir o consumo de energia elétrica para atuar na melhoria da racionalização e atuar com métodos de sua eficientização, de forma que não comprometam os índices produtivos.

Resíduos de gordura animal são fonte de energia renovável

As fontes renováveis de energia são aquelas em que os recursos naturais utilizados são capazes de se regenerar, ou seja, são considerados inesgotáveis. Estas fontes vêm tendo um papel importante e participação relevante na matriz energética global. A crescente preocupação com as questões ambientais e o consenso sobre a promoção do desenvolvimento em bases sustentáveis vêm estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico para ampliar a eficiência e utilização de sistemas alternativos.

Devido à possibilidade de esgotamento das reservas energéticas, ao aumento na demanda por energia e aos crescentes problemas ambientais relacionados ao

uso contínuo de combustíveis fósseis, observa-se nas últimas décadas uma forte tendência pela busca de fontes alternativas renováveis e com menores impactos ao meio ambiente. Neste contexto, os biocombustíveis despontam como uma alternativa promissora, pois podem ser tecnicamente viáveis, economicamente competitivos, aceitáveis do ponto de vista ambiental e produzidos a partir da biomassa e de resíduos agropecuários e agroindustriais.

Preocupados com os problemas ambientais e na busca por energias renováveis, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu um projeto com o objetivo de utilizar resíduos de gorduras animais de abatedouros para produção de biodiesel, convertendo um resíduo poluente em um produto de valor comercial que poderá ser utilizado no aquecimento de aves e suínos, contribuindo para a sustentabilidade da respectiva cadeia produtiva. Em termos gerais, frente à concordância das características observadas com os parâmetros regulamentados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o biodiesel apresentou qualidade satisfatória para uso como aditivo ou combustível em motores de combustão – ciclo diesel (Abreu et al., 2011).

A utilização de briquete de carvão vegetal como alternativa de energia para o aquecimento de aves foi tema de projeto na Embrapa Suínos e Aves em 2010. Atualmente, existem no mercado vários tipos de aquecedores que funcionam, basicamente, a gás liquefeito de petróleo (GLP), eletricidade e à lenha (em alguns locais onde a mesma se encontra a preços competitivos e com exploração legalizada) e a óleo diesel. Os finos de carvão, que são descartados pelas siderúrgicas e carvoarias, aparecem como alternativa de energia na forma de briquetes. A matéria-prima é reciclada, sendo ecologicamente correta. Outra fator positivo é que ela dispensa mão de obra.

Algumas vantagens do briquete de carvão são o fato de não ser inflamável, ser comercializado por peso (diferente da lenha, que é comercializada por volume) e ensacado, tornando mais fácil o transporte e o armazenamento. Todas essas características tornam o seu custo muito competitivo. A ação da Embrapa procurou avaliar diferentes sistemas de aquecimento de aves. As fontes de energia avaliadas durante o projeto foram o gás liquefeito do petróleo (GLP), lenha, biocombustível e briquete de carvão vegetal. A utilização do briquete como fonte de aquecimento se mostrou viável, uma vez que o desempenho produtivo das aves foi semelhante em todos os sistemas de aquecimento, sendo necessário apenas que se faça a adequação do equipamento utilizado para realizar o aquecimento (Abreu et al., 2012).

Embrapa avalia os diferentes tipos de composteiras

A utilização dos resíduos gerados em todos os elos da cadeia produtiva, tanto na produção de carne como de ovos, como subprodutos de valor econômico, tem sido um desafio para a cadeia produtiva, não só do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista de agregação de valor aos subprodutos. A compostagem é um método natural e econômico de reciclagem da matéria orgânica, definida como decomposição e estabilização biológica de substratos orgânicos, sob condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas, como resultado do calor biológico produzido, para obtenção de um composto final estável, livre de patógenos e voltado à aplicação em plantações. Os modelos mais comuns de composteiras são construídos em alvenaria e madeira, acarretando alto custo de implantação e necessidade de mão de obra especializada para a construção.

Dessa forma, há necessidade de se propor modelos de fácil implantação e com eficiência na decomposição de carcaças de aves. Assim, procurou-se avaliar cinco modelos de composteira em relação à decomposição das carcaças de aves e à análise físico-química dos compostos no processo de compostagem. Os modelos de composteira avaliados foram construídos em tijolo furado com seis furos, madeira, tela, leira com três canos de PVC com seis furos e leira com três canos de PVC com dez furos. Todos os valores da composição físico-química final dos substratos encontraram-se de acordo com os valores da IN-23/Mapa, exceto o N, que apresentou valores abaixo dos padrões para outros fertilizantes orgânicos simples (Abreu et al., 2010).

A desidratação, como medida complementar à composteira de animais mortos, foi uma prática desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves por meio do projeto Tecnologias para a Destinação de Animais Mortos (TEC-DAM). Na avicultura em geral, o destino das carcaças de animais mortos nas propriedades tem sido a compostagem. Entretanto, tem-se observado dificuldades no manejo, especialmente quando a carga recebida é alta, o que ocorre em casos de mortalidade elevada. Descuidos no manejo geral da composteira e na quantidade utilizada de substrato (normalmente maravalha) podem implicar na exalação de odor desagradável e no escoamento de líquidos. As dificuldades são agravadas com os empreendimentos de aves de grande escala de produção, que geram um número elevado de animais a serem compostados diariamente, exigindo também intenso uso de mão de obra. A desidratação dos animais mortos é uma tecnologia alternativa para reduzir o volume de resíduo, facilitando seu uso na compostagem, sem prejuízos sanitários ou ambientais.

O processo de desidratação consiste na fragmentação e tratamento térmico das carcaças, não havendo queima de material biológico no processo, sendo que a exalação de gases se limita ao vapor d'água. Além disso, embora a esterilização do material não seja objetivo primordial, sabe-se que a elevada temperatura do processo de desidratação reduz a carga microbiológica. Essa hipótese foi confirmada por análises laboratoriais, que demonstraram reduzida contaminação bacteriana e de bolores. Vale ressaltar que o destino do produto final se restringe à compostagem, de modo que as propriedades que fizerem uso do desidratador de animais mortos deverão dispor de composteira para fazer a compostagem do produto desidratado antes de sua utilização no solo como fertilizante.

Boas práticas de produção e transferência de tecnologia

A avicultura de postura brasileira é uma atividade bastante heterogênea, que convive com sistemas tradicionais de pequena escala e restrita automação, além de sistemas de grande escala, totalmente automatizados. A proposição de medidas de adequação (higiênico-sanitárias, de manejo e construtivas) vem ao encontro das boas práticas a serem implantadas, por serem custo-eficazes e em função da implicação direta com a biosseguridade (granja e produto final) e a saúde das aves.

Com o foco nas Boas Práticas de Produção (BPP), foi desenvolvido um projeto que teve por objetivo adaptar, implantar e validar um sistema de gestão da qualidade da Embrapa na produção de ovos. O foco do trabalho foi a validação das BPP, propostas pela equipe de pesquisa da Unidade em granjas e cooperativas, num trabalho de transferência de tecnologia, apoiado em ações de comunicação. A proposta contribuiu para a melhoria da gestão, da qualidade e da biosseguridade de granjas comerciais de postura, por meio da implantação de boas práticas de produção e da capacitação de técnicos e produtores. Destinou-se a pequenos e médios agricultores familiares, cuja produção de ovos é oriunda de galinhas criadas em aviários californianos tradicionais.

As parcerias foram firmadas com a Cooperativa Agropecuária Centro Serrana (Coopeavi), Granja Pedal, Fabricação de Produtos Alimentícios e Bebidas (Naturovos) e associados da Associação Gaúcha de Avicultura (Asgav), que auxiliaram na implementação e validação das boas práticas de produção no setor produtivo, contando com os recursos humanos disponíveis, o conhecimento, a infraestrutura e as situações práticas de campo. Ainda, as parcerias com as instituições representativas do setor, como a ABPA, Instituto Ovos Brasil, a Associação dos Avicultores do Estado do Espírito Santo (Aves) e a Asgav, demonstraram a união de esforços e o potencial deste projeto em responder à demanda e desenvolver um modelo de organização da produção e de gestão

que pudesse ser prontamente implementado (ou replicado) também nas demais regiões produtoras do país, proporcionando ganhos para toda a cadeia produtiva de ovos comerciais e para os consumidores.

A Embrapa também contribuiu para a estratégia de diversificação de atividades em propriedades da agricultura familiar por meio do aprimoramento da avicultura de postura praticada no Sudoeste do Paraná. Nesta região, algumas iniciativas da Associação de Estudos Orientação e Assistência Rural (Assesoar) e da Cooperativa Central da Agricultura Familiar Integrada (Coopafi) já foram realizadas para fomentar este tipo de produção. Uma das deficiências verificadas no processo foi a falta de qualificação e de assistência técnica, além da escassez de conhecimento técnico disponível para este tipo de produção diferenciada.

Com uma proposta de projeto para a viabilização da produção de ovos de base ecológica, a Embrapa, Coopafi e Assesoar contribuíram para o desenvolvimento da agricultura familiar do Sudoeste do Paraná por meio da capacitação nas boas práticas de produção e adequação à legislação sanitária e ambiental, visando o acesso a mercados locais, regionais e de valor agregado. A parceria foi formalizada em outubro de 2019 por meio de diversas ações de capacitação, utilizando estratégias como cursos, reuniões, visitas técnicas, intercâmbio de experiências e o desenvolvimento conjunto de granjas denominadas Unidades Demonstrativas (UDs). Técnicos e produtores foram capacitados, permitindo a elaboração de uma cartilha sobre recomendações para o sistema de produção com poedeiras livres de gaiola para o estado do Paraná (Avila et al., 2022).

A difusão e transferência de tecnologia têm papel fundamental para garantir e/ou ampliar a competitividade e a sustentabilidade da cadeia avícola. Neste sentido, a Embrapa Suínos e Aves vem desenvolvendo atividades para apoiar as redes de assistência técnica e extensão rural (Ater) que atuam na produção, processamento e comercialização de carne, leite e ovos na agricultura familiar de base ecológica. A proposta de projetos de Ater visa inovar na transferência de tecnologia para sistemas alternativos de produção de ovos, carne de frangos, carne suína e leite bovino, especialmente para sistemas orgânicos e em conversão.

Iniciativas da Embrapa tem se conectado principalmente com produtores organizados em projetos de desenvolvimento rural sustentável. É o caso do Cultivando Água Boa da Itaipu, realizado em Foz do Iguaçu (PR) e de ações com as prefeituras municipais de Prudentópolis e de São Mateus do Sul (ambas também no Paraná e orientadas pelo Instituto Agronômico do Paraná - Iapar). Outros exemplos de parcerias com a Embrapa foram os projetos do Centro Paranaense de Referência em Agroecologia (CPRA) e Casa da Videira, Cooperativa Agropecuária de Quatro Barras, Associação das Cooperativas e Associações de Produtores Rurais do Oeste Catarinense (Ascooper), de Formosa do Sul (SC).

A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu ainda o Projeto Filó (Projeto Agricultura Familiar e Meio Ambiente no Território do Alto Uruguai Catarinense), em Concórdia (SC) e apoiou a Cooperativa de Produção Agropecuária Terra e Vida (Coopervita), de Tapejara (RS). Também participou de ações apoiados pela Emater/RS - Ascar de Erechim (RS) e pela Embrapa Clima Temperado de Pelotas (RS) com o Campus Visconde da Graça - CAVG/IF-Sul-Rio-Grandense de Pelotas e Escola Técnica de Canguçu. Fez ainda parte da rede do Sindicato dos Produtores Orgânicos do Distrito Federal (Sindiorgânicos-DF) e da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal (Ride-DF).

As ações da Embrapa se concentraram na transferência de práticas, processos e arranjos para os produtores, incluindo as atividades de capacitação dos técnicos de Ater, instalação de unidades de validação/demonstração participativa sobre sistemas de produção, instalação de unidades de validação/demonstração participativa em insumos para a produção animal com base ecológica e capacitação dos técnicos de Ater em manejo alternativo sanitário e bem-estar animal. Como resultados finais estão as validações dos sistemas de produção (práticas e processos sobre boas práticas) e as tecnologias adotadas pelo mercado ou sociedade (avaliação de impactos).

Apoio à assistência técnica e parceria internacional

A limitada oferta de assistência técnica e extensão rural pública e privada, frente ao grande contingente de pequenos produtores e produtoras de ovos e suínos de base familiar dispersos pelo território nacional implica na falta de acesso periódico e de qualidade à Ater, causando baixa adoção de boas práticas de produção e de fabricação e de práticas e processos agropecuários gerados e recomendados pela pesquisa, notadamente pela Embrapa. Além disso, há o risco de não conformidade ao atendimento das normativas sanitárias e ambientais ou à certificação de selos distintivos de qualidade. Esse problema acarreta prejuízos econômicos, informalidade e limitado acesso a mercados de valor agregado, além de representar risco potencial ao meio ambiente e à saúde dos consumidores e dos trabalhadores rurais. Dessa forma, para ampliar o acesso de qualidade aos serviços de Ater por parte de pequenos produtores de ovos e suínos de base familiar, foi desenvolvida uma ferramenta digital de fácil uso. Neste projeto, foi parceira da Embrapa Suínos e Aves a Maneje Bem, uma empresa de base tecnológica que gera inteligência para o desenvolvimento de comunidades de agricultores familiares (mais informações no Capítulo 20).

Estabelecer parcerias internacionais, visando buscar novas tecnologias que pudessem ser adaptadas ao sistema de produção brasileiro, bem como estabelecer

estratégias de transferência de tecnologia que favorecessem algum elo da cadeia avícola, foi alvo de ações da Embrapa Suínos e Aves. Neste contexto, em agosto de 2014, foi aprovado pela Unidade o projeto Melhoria da produção de aves na Etiópia, por meio de estudos de sistemas de produção, caracterização de raças nativas e implementação de boas práticas de produção no edital África-Brazil Agricultural Innovation Marketplace. Entre as ações desenvolvidas pelo projeto estiveram a caracterização do sistema de criação de aves na Etiópia, com a elaboração de um Manual de boas práticas de produção de ovos (Avila et al., 2019).

O projeto previu o acompanhamento de 360 famílias de produtores etíopes, realizado pelo Instituto Etíope de Pesquisa Agrícola (EIAR). A caracterização de sistemas alternativos de produção de aves e da sua cadeia de valor permitiu identificar as ameaças potenciais que afetavam a sobrevivência e produtividade das populações de aves. Neste projeto, foram estudados os sistemas alternativos de produção de aves em toda a cadeia de valor, desde a produção até a comercialização, e a diversidade dos rebanhos em regiões selecionadas da Etiópia. Além disso, foram identificados os principais desafios para os serviços de extensão, transferência de tecnologia, fluxo de informações e articulação entre as partes interessadas neste segmento produtivo na Etiópia.

Referências

ABREU, P. G. de; CESTONARO, T.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. dos S.; TOMAZELLI, I. L. **Modelos de composteira para compostagem de aves mortas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 8 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 57). Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/880761/modelos-de- composteira-para-compostagem-de-aves-mortas. Acesso em: 24 fev. 2025.

ABREU, P. G. de; CUNHA JUNIOR, A.; PRÁ, M. C. de; HIGARASHI, M. M.; COLDEBELLA, A.; ABREU, V. M. N.; SANTOS FILHO, J. I. dos; ZANOTTO, D. L.; KUNZ, A. Viabilidade técnica-econômica de tecnologias convencionais de produção de biodiesel a partir de matrizes lipídicas residuais de origem animal e sua utilização em sistemas de aquecimento para aves e suínos. In: COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G.N. (Ed.). **Relatório dos projetos concluídos 2010**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 144). p. 29-46. Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/906963/viabilidade-tecnica-economica-de-tecnologias-convencionais-de-producao-de-biodiesel-a-partir-de-matrizes-lipidicas-residuais-de-origem-animal-e-sua-utilizacao-em-sistemas-de-aquecimento-para-aves-e-suinos. Acesso em: 24 fev. 2025.

ABREU, V. M. N; ABREU, P. G. de; COLDEBELLA, A.; PAIVA, D. P. de; JAENISCH, F. R. F. **Influência da cortina e do programa de luz no desempenho produtivo de frangos de corte e no consumo de energia elétrica**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 437). Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca- de-publicacoes/-/publicacao/443722/influencia-da-cortina-e-do-programa-de-luz-no-desempenho-produtivo-de-frangos-de-corte-e-no-consumo-de-energia-eletrica. Acesso em: 24 fev. 2025.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; LOPES, L. dos S.; SANTOS FILHO, J. I. dos; HIGARASHI, M. M.; TOMAZELLI, I. L.; PRÁ, M. C. de; HASSEMER, M. J.; CESTONARO, T.; COSTA, C. A. D.; MORÉS, R. Utilização de fontes de energia renováveis para o aquecimento de aves. In: COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N. (Ed.). **Relatório de projetos concluídos 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. p. 151-163. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 156). Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/ publicacao/952249/utilizacao-de-fontes-de-energia-renovaveis-para-o-aquecimento- de-aves. Acesso em: 24 fev. 2025.

AGROINDÚSTRIA de referência OvoLimpo. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2024a. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1163733/1/Agroindustria-de-referencia-OvoLimpo.pdf. Acesso em 31 mar. 2025.

AGROINDÚSTRIA mínima OvoLimpo. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2024b. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1163734/1/Agroindustria-minima-OvoLimpo.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório anual 2025. São Paulo: SP: ABPA, 2025. Disponível em: https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/. Acesso em: 21 mai. 2025.

ÁVILA, V. S. de; KRABBE, E. L.; CARON, L.; SAATKAMP, M. G.; SOARES, J. P. G. **Ecological egg production systems**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. Folheto Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/ publicacao/1115096/ecological-egg-production-systems. Acesso em: 24 fev. 2025.

ÁVILA, V. S. de; MALACARNE, C. G.; BECKER, A.; FARIAS, J. C.; GRISA, F. F.; APPEL, K. F. **Recomendações para o sistema de produção com poedeiras livres de gaiola para o Estado do Paraná**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. Cartilha. Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154157/recomendacoes-para-o-sistema-de-producao-com-poedeiras-livres-de-gaiola-para-o-estado-do-parana. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 14 de fevereiro de 2017. Estabelece os requisitos para avaliação de equivalência ao Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária relativos à estrutura física, dependências e equipamentos de estabelecimento agroindustrial de pequeno porte de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 154, n. 33, p. 3-6, 15 fev. 2017b. Alterado pela Instrução Normativa nº 9, de 18 de janeiro de 2018.

COLDEBELLA, A.; ABREU, P. G. de; SANTOS FILHO, J. I. dos. Faixas de conforto térmico em função da idade dos frangos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA E SUINOCULTURA - SIAVS, 2015, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABPA, 2015. p. 203-206.. Disponível em: https://www.embrapa. br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1033158/faixas-de-conforto- termico-em-funcao-da-idade-dos-frangos. Acesso em: 24 fev. 2025.

COLDEBELLA, A.; CARON, L.; ALBUQUERQUE, E. R.; VIANA, A. L. Abate e condenações de aves da espécie gallus gallus registrados no Brasil pelo sistema de inspeção federal de 2012 a 2015. CONFERÊNCIA FACTA-WPSA BRASIL, 2018, Campinas, SP. **Avicultura 4.0**: otimização dos processos de produção avícola. Campinas: FACTA, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1097508/abate-e-condenacoes-de-aves-da-especie-gallus-gallus-registrados-no-brasil-pelo-sistema-de-inspecao-federal-de-2012-a-2015. Acesso em: 24 fev. 2025.

DUARTE, S. C.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; VIOLA, T. H.; CÔRTES, V. A. C.; AVILA, V. S. de; BRITO, D. M. de; PEREIRA, V. L. de A.; VILLA, M. F. G.; WALTER, E. H. M. **Recomendações básicas de biosseguridade para pequena escala de produção avícola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 14 p. 1 folheto.

ESPÍNDOLA, C. J. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 27, n. 53, p. 89-113, jan./jun. 2012.

MIELE, M.; ALMEIDA, M. M.T. B. **Caracterização da avicultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023b. 48 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 241). Disponível em: https:// www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/ publicacao/1154509/ caracterizacao-da-avicultura-no-brasil-a-partir-do-censo- agropecuario-2017-do-ibge. Acesso em: 24 fev. 2025.

OLIVEIRA, L. G.; FREITAS, D. C. de; BATALHA, M. O.; ALCÂNTARA, R. L. C. Gerenciamento de riscos na cadeia agroindustrial de frango: análise da perspectiva dos avicultores em Ubá, Minas Gerais. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 4, p. 1305-1325, out./dez. 2015.

SCHMIDT, N. S.; SILVA, C. L. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 3, p. 567-580, jul./ set. 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307.

TALAMINI, D. J. D.; ABREU, P. G. de; COLDEBELLA, A.; BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos. Viabilidade econômica de diferentes sistemas tecnológicos de produção de frangos. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 19, n. 57, p. 330-349, jul./set., 2023. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/ doc/1157267/1/ final10164.pdf. Acesso em: 24 fev. 2025.

CAPÍTULO 15

Meio ambiente dá suporte à expansão em suínos e aves

Estela de Oliveira Nunes, Alexandre Matthiensen, Airton Kunz, Cláudio Rocha de Miranda, Juliano Corulli Corrêa, Martha Mayumi Higarashi e Paulo Armando Victória de Oliveira

Meio ambiente baliza atuação da Unidade a partir dos anos 1980 | 1975–2010

Desde o início da década de 1980, a Embrapa Suínos e Aves já alertava para a relevância do aproveitamento adequado dos efluentes da suinocultura como fertilizantes de lavouras. No entanto, foi só no início dos anos 1990 que as questões ambientais ganharam relevância maior na suinocultura, especialmente em Santa Catarina, o maior produtor de suínos do país até hoje. Em outubro de 1990, foi realizada uma reunião, na Embrapa Suínos e Aves, entre diversas instituições diretamente ligadas com as questões relacionadas à poluição decorrente dos dejetos de suínos, tais como as agroindústrias, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Associação Catarinense dos Criadores de Suínos (ACCS) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Desse encontro, resultou a proposta para o estabelecimento de um programa para desenvolver estudos na área. No entanto, para iniciar os trabalhos, constatou-se a necessidade de um documento que reunisse todas as informações já existentes sobre tecnologias de manejo e tratamento de dejetos. Assim, em 1993, foi publicado o Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos, que pode ser considerado o marco inicial do efetivo envolvimento da Embrapa Suínos e Aves nas questões relativas à suinocultura e ao meio ambiente. Na área de tecnologias de manejo e tratamento, a Embrapa lançou em meados dos anos 1990 o Sistema de Tratamento de Dejetos, baseado em remoção de sólidos por decantador com chicanas seguido de lagoas em série, o qual foi concebido através de parceria entre Embrapa e UFSC.

Em 1992, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu no Brasil, como alternativa às tecnologias de tratamento de efluentes líquidos, a criação de suínos em sistemas de cama sobreposta. A principal vantagem desse sistema era a ausência de geração de efluentes líquidos, uma vez que os dejetos produzidos pelos animais eram absorvidos pelo substrato do leito (maravalha, casca de arroz, palha, entre outros). A partir de 2003, a Embrapa Suínos e Aves passou a contar com um grupo de pesquisa destinado a desenvolver trabalhos específicos voltados para temas ambientais, com o surgimento do Núcleo Temático de Meio Ambiente (NTMA).

Programas e termo de ajuste da suinocultura em SC

Além da continuidade dos trabalhos voltados para a vertente tecnológica dentro dos tratamentos de dejetos, foram realizados diversos projetos com o objetivo de desenvolver modelos de gestão de bacias hidrográficas, com abordagem mais ampla e participativa, o que requereu a cooperação dos diversos atores

envolvidos na cadeia produtiva de suínos (agroindústrias, associações de produtores, prefeituras, órgãos de fiscalização e políticos, entre outros). Essa postura fez com que a Embrapa Suínos e Aves se engajasse nos anos 2000 em ações ambientais importantes para a suinocultura de Santa Catarina, como a coordenação do Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA II) e a participação no Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA). Outro destaque foi o envolvimento com o Comitê Regional da Suinocultura da Região do Alto Uruguai Catarinense.

A Embrapa Suínos e Aves foi ainda uma das protagonistas na articulação do Termo de Ajustamento de Conduta da Suinocultura, assinado em 2004. O termo foi um marco na adequação ambiental da suinocultura em Santa Catarina e considerado um modelo a ser replicado em outras regiões produtoras de suínos do Brasil. O termo de ajuste possibilitou que os produtores cumprissem as exigências da licença ambiental da suinocultura. A partir dos anos 2000, a Unidade também reforçou a parceria com a iniciativa privada para viabilizar o desenvolvimento e a validação de novos equipamentos, produtos e processos ligados ao gerenciamento e tratamento dos resíduos da suinocultura. Dentre os produtos gerados por essas iniciativas, podem ser citados o kit biogás, a máquina de compostagem e o incinerador de carcaças.

"A publicação do Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos, em 1993, marcou o início do trabalho da Embrapa na área **ambiental**."

Outras contribuições importantes entre 1975 e 2010 foram estudos sobre parâmetros legais para lançamento dos efluentes de volta ao meio ambiente, estabelecimento de padrões para o reúso do efluente tratado para limpeza externa ou interna das instalações, fertirrigação ou nebulização e avaliação da contribuição da suinocultura na emissão de gases de efeito estufa. Além disso, desenvolveu-se estudos englobando o manejo de água, o monitoramento ambiental, conjuntamente com as tecnologias inovadoras de tratamento de dejetos, e o reflexo desse conjunto na qualidade ambiental.

Meio ambiente dá suporte à expansão em suínos e aves

O progresso tecnológico na área agropecuária fomentou um período de grande efervescência nos últimos 15 anos, com transformações profundas ocorrendo a uma velocidade sem precedentes. As inovações passaram a ser guiadas tanto pela evolução tecnológica quanto pelo cenário político, econômico e cultural. Dessa forma, novos hábitos de consumo emergiram, motivados por preocupações com saúde física e mental, bem-estar social, sustentabilidade e mudanças climáticas, entre outros fatores. Na área ambiental, os avanços ocorridos entre 2010 e 2025 redundaram em novas soluções para o manejo dos resíduos das produções suinícola e avícola nas três rotas tecnológicas de tratamento disponíveis (sólida, líquida e gasosa). As inovações implementadas asseguraram a produção primária e incluíram novos conceitos e valor aos resíduos, garantindo um suprimento seguro e sustentável. Essa transformação foi decisiva especialmente para estados como Santa Catarina, o maior produtor e exportador de carne suína do Brasil e o segundo maior produtor e exportador de carne de frango.

Do ponto de vista da rota sólida, os avanços alcançados nos últimos 15 anos focaram na transformação dos resíduos das produções de suínos e aves em biofertilizantes (orgânicos e organominerais). Essa aposta foi importante para o esforço da agricultura nacional em diminuir sua dependência dos fertilizantes importados, especialmente após o início do conflito entre a Rússia e a Ucrânia, em fevereiro de 2022.

Já a rota líquida enfatizou o aproveitamento dos dejetos suínos na fertirrigação. Esforços de pesquisa e transferência de tecnologia aprimoraram a associação dos dejetos suínos em sua forma líquida com a produção de pastagens para o gado de leite. A rota líquida de tratamento dos dejetos suínos também impactou positivamente culturas como milho e soja em regiões que concentram a suinocultura. A rota gasosa de tratamento dos dejetos de suínos e aves, por sua vez, investiu na diversificação do uso do biogás, que passou a ser uma alternativa também para a geração de energia voltada ao transporte de cargas.

Outro avanço tecnológico registrado entre 2010 e 2025 foi a utilização dos dejetos suínos como meio de cultura para organismos fotossintetizantes geradores de biomassa ou insumos de base biológicas com alto potencial energético. Em 2020, o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) foi instituído a fim de ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no país. O aproveitamento da biomassa residual pode ocorrer em diferentes processos vinculados à nutrição animal, geração de energia alternativa e sanidade animal. Além disso, as soluções ligadas a bioinsumos são consideradas tecnologias verdes e promotoras da economia circular.

No mesmo período, investimentos em pesquisa e inovação ligados às águas residuárias e ao reúso da água expandiram as tecnologias que contribuem para a conservação dos recursos hídricos naturais e sistemas de tratamento e reutilização de água. Nos dois casos, os esforços de pesquisa e desenvolvimento de soluções tecnológicas buscaram estabelecer uma nova forma de relacionamento das produções de suínos e aves com a água, insumo que ganhou em importância na medida em que as duas atividades se expandiram.

Avanços importantes ocorreram ainda vinculados à sustentabilidade da suinocultura e avicultura. Instituições públicas de ciência e tecnologia, entes privados, produtores e organizações não governamentais trabalharam em conjunto para aprimorar diferentes aspectos das produções suinícola e avícola. Nos últimos 15 anos, podem ser destacados os progressos alcançados nas áreas de emissão de gases de efeito estufa e políticas públicas. A suinocultura e avicultura também avançaram no entendimento do que significa sustentabilidade para os dois setores no Brasil, iniciando o trabalho de desenvolvimento de indicadores e métricas adaptadas ao contexto nacional.

Soluções transformam resíduos em fertilizantes

Entre as principais contribuições da Embrapa Suínos e Aves para o meio ambiente na suinocultura e avicultura nos últimos 15 anos estão novos conhecimentos e soluções relacionadas com o reaproveitamento dos resíduos da

produção como fertilizantes. Em conjunto com o Instituto Federal Catarinense (IFC), campus de Concórdia, a Embrapa Suínos e Aves estabeleceu entre 2010 e 2025 os experimentos mais longevos a campo do Brasil para demonstrar a eficiência dos fertilizantes orgânicos de suínos e aves em sistemas de produção de Plantio Direto (PD).

Esse experimento, já com 15 anos de duração, vem demonstrando ano após ano a construção na fertilidade do solo propiciada pelos fertilizantes orgânicos de suínos e aves. A parceria Embrapa/IFC também comprovou que o reaproveitamento dos resíduos da suinocultura e avicultura contribuiu com o sequestro de carbono (com mais de 30 toneladas por hectare na camada de 0,20 cm de solo) e com a melhoria da renda do produtor. Os dados extraídos da parceria Embrapa/IFC demonstraram ainda que o caminho mais sustentável e econômico para o reaproveitamento dos resíduos da suinocultura e avicultura foi a sua transformação em fertilizantes.

A Embrapa Suínos e Aves e o IFC também firmaram parceria em meados dos anos 2010 para o experimento de uso agrícola dos fertilizantes orgânicos produzidos com resíduos da suinocultura e avicultura em sistemas de produção Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF). O experimento foi pioneiro no Brasil e já completou nove anos de instalação. Em termos gerais, o ILPF atingiu resultados tão efetivos quanto o PD, mas com os diferenciais de trazer o sistema florestal, que confere conforto animal, menor consumo de água e evapotranspiração do solo, já que proporciona uma redução de até cinco graus Celsius na temperatura ambiente.

A Embrapa Suínos e Aves também trabalhou com afinco nos últimos 15 anos para desenvolver novos fertilizantes, a partir dos resíduos da produção de suínos, ainda mais eficientes quanto ao aproveitamento de nutrientes pelas plantas, sejam eles nas formas fluidas ou sólidas. Esse esforço foi feito em parceria com empresas privadas, as quais introduziram as tecnologias geradas pela Embrapa em seus produtos finais. No que diz respeito aos fertilizantes fluidos, foi colocada especial ênfase nos formulados, a partir dos resíduos líquidos de suínos. Também, investiu-se nos bioinsumos, como ácidos húmicos a partir de cama de aves, os quais demonstraram melhor aproveitamento de nutrientes e, consequentemente, maior desenvolvimento da biomassa seca da parte aérea e radicular.

Entre as tecnologias para novos fertilizantes sólidos, merecem destaque as pesquisas realizadas nos últimos anos sobre fertilizantes organominerais nas formas de pellets ou granulado. Nos resultados alcançados pela Embrapa, cada grânulo ou pellet carrega consigo a concentração de nutrientes estabelecido para comercialização. Essa solução, amplamente estudada pela equipe da Embrapa Suínos e Aves, embarcou inúmeras tecnologias de produtos, bioinsumos ou microrganismos, que podem ser intrínsecos ou de recobrimento ao fertilizante

almejado. Outra contribuição importante do período foi a indicação do uso dos resíduos de suínos e aves na produção de compostos e substratos para mudas de árvores. A solução proposta pela Embrapa teve papel fundamental no desenvolvimento de arranjos tecnológicos vinculados ao tema.

A Unidade ainda teve papel decisivo na formulação de políticas públicas nos últimos 15 anos, as quais precisaram de critérios agronômicos técnicos e específicos quanto ao monitoramento de análises de solos, análises de fertilizantes, formas de aplicação, sistemas de produção agrícola, escalonamento de plantio e área agrícola. Um exemplo dessa contribuição foi o papel da Embrapa Suínos e Aves junto ao Instituto do Meio Ambiente (IMA) de Santa Catarina para o desenvolvimento da Instrução Normativa (IN) nº 25 (política pública já citada em capítulos anteriores desta obra). Além dos critérios citados anteriormente, a Embrapa auxiliou a definir na IN o índice crítico de fósforo no solo.

Embrapa é referência em todo o país para biogás

A produção animal se transformou significativamente nas últimas décadas, dando origem aos sistemas de produção de animais confinados (SPAC). Estes sistemas se caracterizam por granjas com um grande número de animais e áreas agricultáveis no seu entorno para uso agrícola destes resíduos cada vez menores. Isso cria desafios logísticos e ambientais envolvendo o transporte e o bom uso agronômico dos nutrientes contidos nos efluentes da produção animal, sobretudo pela alta diluição. Considerando-se este cenário, que se tornou ainda mais crítico na última década e meia, a Embrapa Suínos e Aves tem buscado alternativas para diminuir os impactos ambientais e valorar os resíduos da produção animal por meio de estratégias de tratamento de dejetos e remoção/recuperação de nutrientes.

Nas rotas de tratamento, a tecnologia que tem se destacado é a digestão anaeróbia. A unidade tem exercido protagonismo no tema nas últimas décadas pelo estudo e desenvolvimento de tecnologias. O laboratório de estudos em biogás da Embrapa Suínos e Aves foi inaugurado em 2013 com o objetivo de estudar os processos de biogás, otimizando parâmetros de processo com vistas a oferecer segurança e estabilidade para as unidades de geração de biogás. Destacam-se aí os estudos de processos de codigestão, que têm sido desenvolvidos com outros resíduos (ex.: lodos de agroindústria), e um intenso trabalho realizado com processos de produção de biogás com carcaças de animais mortos não abatidos dentro do projeto Tecnologias para Destinação de Animais Mortos (TEC-DAM).

Recentemente, o tema envolvendo as culturas energéticas também foi foco das pesquisas da Embrapa Suínos e Aves, em cooperação com outras unidades da Embrapa e parceiros privados. A Unidade também passou a coordenar uma rede de

laboratórios de biogás da América Latina com ensaios interlaboratoriais. O objetivo dessa ação foi uniformizar metodologias analíticas e melhorar a qualidade dos resultados alcançados por distintos laboratórios, aumentando a confiabilidade das conclusões dos estudos realizados em diferentes pontos do continente americano.

Na gestão e tratamento do digestato (efluentes dos biodigestores), a Embrapa Suínos e Aves atuou nos últimos 15 anos em processos diretos de tratamento. Um exemplo dessa ação são processos Anammox, que apresentam alta eficiência na remoção de nitrogênio e com aplicabilidade a efluentes com alta diluição. Os cerca de 15 anos de estudos da Unidade levaram ao desenvolvimento de uma nova configuração de reator chamado Nitrammox®, cuja patente foi requerida e aprovada no ano de 2025. A transferência dessa tecnologia já está sendo negociada com parceiro externo, que possui especial interesse em efluentes agroindustriais e pretende utilizar a solução da Embrapa em escala industrial.

A recuperação de nutrientes também tem sido objeto de intenso trabalho com uma rede de parceiros. Processos de recuperação de nitrogênio (utilizando-se membranas para extração de amônia) e a recuperação de fósforo via fosfato de cálcio e estruvita têm sido amplamente estudados com vistas a se obter produtos de alto valor agregado, como a amônia branca e o fósforo de segunda geração. Esse tipo de ação de pesquisa faz com que se diminua a demanda por fertilizantes a partir de fontes naturais, principalmente o fósforo. Ela também contribui para a diminuição da pegada de carbono devido à adoção de processos de geração de fertilizantes menos poluentes. Estudos de avaliação de ciclo de vida (ACV) têm sido realizados pela equipe da Embrapa e corroboram fortemente estes resultados.

A Embrapa Suínos e Aves também desenvolveu junto com parceiros externos uma tecnologia de tratamento de dejetos da suinocultura chamada Sistrates® (acrônimo para sistema de tratamento de efluentes da suinocultura). Esta tecnologia gerou uma patente e já foi transferida à iniciativa privada mediante um instrumento jurídico específico. Assim, o Sistrates® já está sendo utilizado pelo setor produtivo, principalmente para grandes sistemas de produção de suínos, com especial interesse às unidades produtoras de leitões (UPL) ou unidades produtoras de desmamados (UPD) (Figura 15.1). O Sistrates® representa uma solução inovadora à suinocultura, pois agrega processos de recuperação de energia (biogás), tratamento do digestato e recuperação do fósforo, gerando um efluente de alta qualidade, fato que permite que ele seja lançado em corpos de água. Outra possibilidade é fazer o reúso da água nos processos produtivos, diminuindo a demanda por recursos hídricos. Outras vantagens oferecidas pelo Sistrates® são a melhoria da qualidade do ar no ambiente de produção (em função da mitigação de gases de efeito estufa) e a redução da incidência de doenças do trato respiratório dos animais.

Foto: Júlio Gomes Filho

Figura 15.1. Sistrates® - Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura.

Cabe ainda citar o protagonismo da Unidade nos últimos anos na realização de eventos envolvendo o tema biogás. A Embrapa Suínos e Aves foi uma das instituições que se envolveu na criação da Sociedade Brasileira dos Especialistas em Resíduos da Produção Animal (Sbera), sociedade científica que organiza bianualmente o Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais (Sigera), evento que já se encontra em sua nona edição. A unidade também é uma das realizadoras do Fórum Sul-Brasileiro de Biogás e Biometano (FSBBB), evento anual que está em sua sétima edição e que discute os temas de interesse ao biogás e biometano, congregando o ecossistema da cadeia do biogás.

Bioinsumos: alvos prioritários da Embrapa

A Embrapa Suínos e Aves tem se dedicado nos últimos anos a estudar a produção de bioinsumos a partir da utilização de resíduos das produções de suínos e aves. O interesse da Embrapa está embasado no Plano Nacional de Bioinsumos (PNB), que define bioinsumo como: "o produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos". O PNB e o Conselho Estratégico do PNB foram instituídos pelo governo federal, no âmbito do na época Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), através do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020.

O programa visa a ampliação e fortalecimento da utilização de bioinsumos, redução da dependência de insumos importados e uso e valorização da biodiversidade brasileira como matéria-prima para novos insumos agrícolas. As principais aplicações de bioinsumos são voltadas à nutrição de animais (peixes, aves, suínos, bovinos) e proteção de culturas agrícolas na forma de promotores de crescimento e de defensivos (acaricidas, inseticidas, fungicidas e formicidas).

Na maioria dos sistemas de criação de suínos, o processo de tratamento dos dejetos, os quais possuem alta carga de macro e micronutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), ferro, zinco e cobre, ocorre por meio de armazenagem em lagoas de estabilização (esterqueira), seguido de deposição no solo, sendo um importante agente na fertilização. Cada vez mais, pensa-se em tecnologias que minimizem a perda destes nutrientes durante a aplicação do fertilizante. Neste sentido, os organismos fotossintetizantes (algas e macrófitas) são importantes agentes de biorremediação e/ou bioaumentação, que podem ser introduzidos

para acelerar o processo de purificação, biotransformação, decomposição e para melhorar a qualidade do subproduto resultante (Figura 16.2).

A geração de uma biomassa rica em nutrientes após o tratamento dos resíduos apresenta potencial de interesse agroindustrial, tais como biopigmentos, biopolímeros, biosurfactantes e enzimas, entre outros. A Embrapa Suínos e Aves tem focado especialmente no estudo da produção de organismos fotorremediadores e suas aplicações na nutrição animal. Os pesquisadores da instituição investigaram a composição nutricional das diferentes espécies de microalgas e macrófitas, avaliando seu potencial para substituir ingredientes convencionais nas rações. Também estão estudando os efeitos do consumo de microalgas na performance e na saúde dos animais (Tavernari et al. , 2015; 2016; Michelon et al. , 2021). A biomassa produzida por estes organismos, rica em proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, apresenta um vasto potencial de aplicações em diversos setores, incluindo a suinocultura (Matthiensen et al. , 2016).

A decisão da Embrapa Suínos e Aves de investir na pesquisa em organismos fotossintetizantes e remediadores, como as microalgas e macrófitas, demonstra a visão estratégica da instituição em buscar soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios da agropecuária moderna. Os resultados dessas pesquisas terão um impacto significativo na produção de alimentos, na geração de energia e na preservação do meio ambiente nos próximos anos.

Compostagem de carcaças em reatores cilíndricos

Devido à grande produção de suínos e aves e à mortalidade, há um considerável número de animais que morrem durante o processo produtivo. A compostagem é uma tecnologia consolidada para a destinação de carcaças de animais no Sul do Brasil, região com significativa produção comercial de suínos e frangos (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2018). Porém, observa-se que a maioria dos sistemas utilizados são em caixas, nas que as carcaças, na maioria dos casos, são cortadas em grandes pedaços ou dispostas inteiras, propiciando um processo lento de biodegradação.

Como alternativa para destinação desse rejeito, foram desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves projetos para estudar o uso de reatores *in-vessel,* conhecidos como cilindros rotativos (RCR) para compostagem acelerada dos cadáveres (Oliveira et al. , 2018, 2019). O uso de reatores cilíndricos rotativos propicia a celeridade do processo de compostagem. A Embrapa avaliou parâmetros físico-químicos da biomassa, emissão de gases e aspectos laborais durante o processo de compostagem de carcaças de frangos e suínos em reatores *in-vessel*. Os estudos foram realizados com protótipos de reatores comerciais com volume de

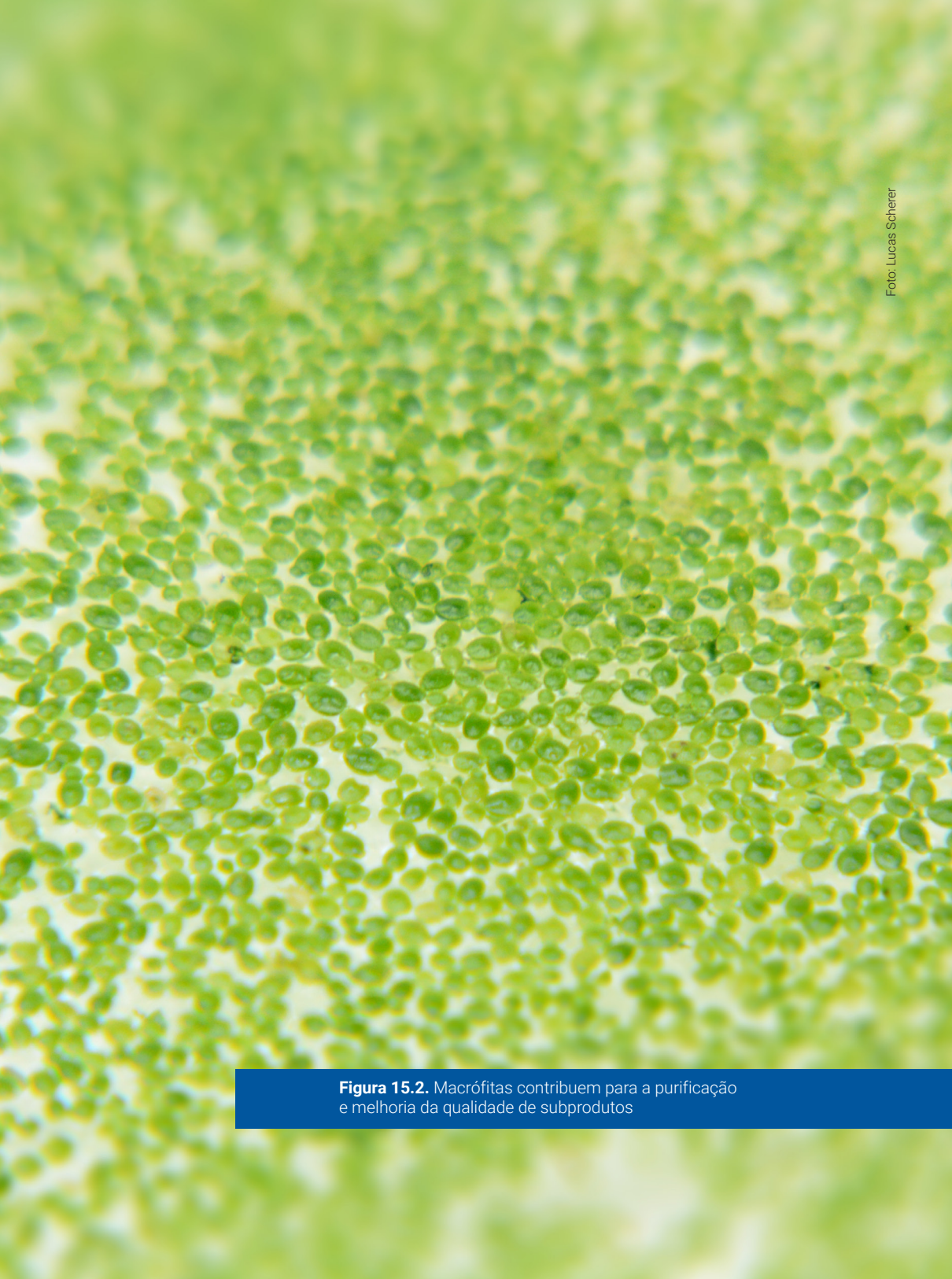

Foto: Lucas Scherer

Figura 15.2. Macrófitas contribuem para a purificação e melhoria da qualidade de subprodutos

3,56 m³, 50% de volume útil, período de rotação de 24 minutos e tempo de quatro horas de repouso entre as aerações. Os resultados alcançados forneceram dados sobre a influência do intervalo entre os períodos de revolvimento, da biomassa formada nos reatores e da emissão de gases ($C\text{-}CO_2$, $C\text{-}CH_4$, $N\text{-}NH_3$ e $N\text{-}N_2O$) do processo (Oliveira et al. , 2020, 2022; Nicoloso et al. , 2022).

Viabilidade econômica da compostagem automatizada

A Embrapa Suínos e Aves também apresentou novos resultados a respeito do tratamento de dejetos suínos por meio da compostagem nos últimos 15 anos. Conforme relatado no livro sobre os 35 anos da Embrapa Suínos e Aves, a partir do início dos anos 2000 a Unidade desenvolveu sistemas aeróbios de compostagem para o tratamento dos dejetos suínos como alternativa às esterqueiras. A Embrapa criou ainda, em parceria com a Bergamini Indústria de Máquinas Agrícolas, a primeira unidade de compostagem automatizada do país para o tratamento de dejetos suínos, solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração na produção de suínos e pouca disponibilidade de áreas agrícolas (Oliveira et al. , 2003; Nunes, 2003).

A partir de 2010, a Embrapa centrou esforços na análise da composição química da leira de compostagem e na avaliação de diferentes substratos que poderiam ser utilizados na compostagem dos dejetos suínos (Oliveira et al. , 2011; Higarashi et al. , 2011). Também foi estudada a viabilidade econômica da compostagem automatizada de dejetos suínos (Santos Filho et al. , 2011). A Embrapa também publicou em 2017 uma cartilha com o título Dimensionamento de unidade de compostagem automatizada para tratamento dos dejetos suínos, a qual resumiu as condições para a instalação de um equipamento de compostagem em granjas comerciais de suínos (Oliveira et al. , 2017).

Emissão de gases nas produções de suínos e aves

A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu estudos em parceria com diferentes instituições (Institut National de la Recherche Agronomique - INRAe, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, da Universidade de São Paulo - Esalq/USP e Brasil Foods - BRF) a partir de 2010 com o objetivo de determinar as emissões de gases de efeito estufa (CH_4, N_2O e CO_2) e amônia na produção de frangos de corte em sistemas darkhouse (para condições de produção com reutilização da cama de aviário por longos períodos). A pesquisa permitiu explorar o método simplificado que utiliza as relações de concentração e o balanço de massa, onde a composição dos alimentos, as características dos animais e os efluentes são

relativamente pouco variáveis e podem ser observados com uma boa precisão. O método permitiu a obtenção de valores de emissão durante o alojamento de frangos de corte em instalações do tipo darkhouse com sistema de ventilação por pressão negativa e reutilização da cama de aviário durante 10 a 17 lotes, contemplando o manejo de produção do Sul do país (Oliveira et al., 2012).

As taxas médias de emissões de gases na produção de para frangos de corte, em sistema darkhouse, com reúso intensivo de cama foram: NH_3 de 0,63 ± 0,16; CO_2 de 100,2 ± 16; CH_4 de 0,23 ± 0,15 e N_2O de 0,06 ± 0,02 g/ave/dia. Os resultados alcançados pela Embrapa e parceiros mostraram que as emissões de NH_3 foram influenciadas pelo peso das aves, taxa de ventilação, período do dia e concentração de N. Para o CO_2, as emissões foram influenciadas pela taxa de ventilação, temperatura externa e peso das aves (estimou-se que a fração de CO_2 emitida pelas camas seja de 25%). A Embrapa concluiu que, embora os valores de emissão de gases obtidos não puderam ser idealmente comparáveis aos observados em outros países (devido a diferentes manejos, alimentação, tipo de edificações e clima), o que se encontrou no Sul do Brasil é semelhante ao observado por pesquisadores na Europa e Estados Unidos.

A Embrapa Suínos e Aves também se empenhou nos últimos 15 anos para estudar a emissão de gases de efeito estufa pela suinocultura brasileira. Duas ações foram destaque nesta linha. A primeira delas foi uma parceria com a Associação das Indústrias de Carnes e Derivados do Estado de Santa Catarina (Aincadesc), o Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados do Estado de Santa Catarina (Sindicarne-SC), o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da UFSC e a empresa BRF, desenvolvida entre 2010 a 2014. A parceria viabilizou um projeto para determinação das emissões dos GEE e NH_3 na fase de creche da produção de suínos. A emissão de gases de efeito estufa e amônia foi estimada e validada para a fase fisiológica de creche com base na metodologia simplificada e nos princípios de cálculo citados na literatura.

Os resultados obtidos no projeto comprovaram a emissão de gases de efeito estufa e amônia na creche. Em média, os suínos na creche emitiram 0,42±0,06 kg CO_2•suíno^{-1}•d^{-1}, 1,07±0,42 g CH_4•suíno^{-1}•d^{-1}; 0,07±0,04 kg N_2O•suíno^{-1}•d^{-1} e 0,42±0,06 g NH^3•suíno^{-1}•d^{-1}. As emissões carbonadas determinadas na pesquisa foram geradas, essencialmente, a partir das emissões de C-CO_2 (99,2%). Por outro lado, no cálculo das emissões nitrogenadas, foi notória a perda de nitrogênio na sua forma elementar (4,5%), considerando a quantidade ingerida pelos suínos diariamente (18,54 g). No geral, as taxas de volatilização observadas no desenvolvimento da pesquisa foram baixas (≈12%). Avaliou-se que tal fato estava associado à elevada frequência de remoção dos dejetos nas granjas, bem como à metodologia utilizada para determinar a concentração dos gases.

A segunda ação foi um estudo em parceria com a Munters do Brasil, realizado entre 2021 e 2023, para avaliar os efeitos da climatização ambiental na fase de crescimento e terminação sobre a concentração e as emissões de gases. O objetivo deste estudo foi avaliar a importância da escolha da metodologia (balanço de massa final e fluxo de gás) para determinação das emissões e como elas podem diferir consideravelmente de acordo com o sistema de ventilação da edificação. A Embrapa descobriu nos experimentos que as emissões de NH_3 foram influenciadas pela massa corporal dos animais, taxa de ventilação, período do dia, concentração de N e manejos dos dejetos (Nunes et al., 2023).

A respeito do CO_2, o estudo mostrou que as emissões são influenciadas pela taxa de ventilação, temperatura externa, massa corporal dos animais e manejo dos dejetos. Além disso, os pesquisadores concluíram que a condição climática pode ter um efeito indireto nas emissões de gases, isso porque as taxas de ventilação podem promover condições que podem aumentar ou diminuir a determinação das emissões. Embora os fluxos obtidos no Brasil não puderam ser idealmente comparáveis aos de outros países, os resultados encontrados também foram semelhantes aos observados por pesquisadores na Europa e Estados Unidos, a exemplo do que aconteceu no estudo com frangos de corte (Oliveira et al., 2023).

A Embrapa Suínos e Aves firmou ainda uma parceria com o Departamento de Engenharia Sanitária da UFSC, no início da década passada, para determinar o fluxo dos gases de efeito estufa ($N\text{-}N_2O$, $C\text{-}CH_4$ e $C\text{-}CO_2$) e $N\text{-}NH_3$ e realizar o balanço de massa no processo de compostagem de dejetos suínos. O estudo mostrou com precisão as perdas de nitrogênio e carbono durante a compostagem. A perda de nitrogênio foi de 40,84% (7,67% como $N\text{-}NH_3$, 2,57% como N-N2O e 29,7% como $N\text{-}N_2$ do nitrogênio total aplicado na compostagem). Cerca de 38,9% do carbono inicial foi perdido, sendo que as emissões de $C\text{-}CO_2$ e $C\text{-}CH_4$ corresponderam a 89% dessa quantidade e representaram, respectivamente, 95,89 e 4,17% (Angnes et al., 2013).

A conclusão final da Embrapa foi de que a compostagem usada no tratamento dos dejetos de suínos gera quantidades baixas de emissões de GEE. Além disso, a partir dos resultados do estudo em parceria com a UFSC, a Embrapa passou a recomendar a utilização da serragem, maravalha ou de uma mistura dos dois substratos em leiras. Deve-se avaliar, também, a utilização da serragem como substrato em processos de compostagem para tratamento dos dejetos suínos com teores de umidade inferiores a 65%.

Programa melhora a gestão da água na suinocultura

O desconhecimento do consumo de água nas granjas de produção de suínos, nas diversas fases produtivas, foi uma lacuna para a implementação de

programas de gestão da água, manejo e implantação de sistemas de tratamento dos dejetos. Desde 2010, a Embrapa Suínos e Aves e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, com o apoio do Sindicarne e da BRF, desenvolveram vários projetos para atualizar os valores de referência para o consumo de água e a produção de dejetos na produção de suínos (Tavares et al. , 2016; Vilas-Boas et al. , 2016). Em função dos resultados obtidos, foi dado início ao desenvolvimento de um modelo matemático inovador para a estimativa do consumo de água dos suínos nas diferentes fases fisiológicas da cadeia produtiva.

O modelo não linear logístico foi o que melhor se ajustou aos dados médios do consumo de água dos suínos, na fase fisiológica de crescimento e terminação (R2=0,989; erro de estimação absoluto: 0,11 $L \cdot suíno^{-1} \cdot d^{-1}$; erro de estimação relativo: 1,32%). Na fase de creche, o modelo apresentou robustez e elevada precisão na estimativa do volume de dejetos produzidos (R2=0,931; erro de estimação absoluto: 0,13±0,12 $L \cdot suíno^{-1} \cdot d^{-1}$). Os resultados obtidos no projeto liderado pela Embrapa sobre o consumo da água, características físico-química dos dejetos e desenvolvimento de modelo matemático para estimação destes parâmetros foram posteriormente utilizados pelo IMA-SC para emissão da Instrução Normativa nº 11, que definiu parâmetros técnicos a serem utilizados nos projetos de licenciamento ambiental da produção de suínos no estado (a IN 11 já foi citada em vários capítulos anteriores e é uma das grandes contribuições da Embrapa Suínos e Aves em termos de política pública).

Ações de organização social voltadas ao meio ambiente

Entre as contribuições da Embrapa Suínos e Aves nos últimos 15 anos também estão ações que levaram a mobilizações sociais em favor do meio ambiente. Uma dessas mobilizações foi a segunda fase do Projeto Tecnologias sociais para a gestão da água (TSGA II), realizada entre 2013 e 2015. O TSGA foi realizado pela UFSC, Epagri e Embrapa com o objetivo de disseminar experiências de sucesso sobre o uso eficiente da água na produção de alimentos e de saneamento básico rural em regiões piloto.

A Embrapa coordenou as ações do TSGA na região de Concórdia. Entre as atividades promovidas pelo projeto no município estiveram feiras, oficinas, cursos, seminários, visitas técnicas, reuniões e instalações de unidades demonstrativas vinculadas aos temas saneamento ambiental rural, uso eficiente da água na produção de animais, aproveitamento dos dejetos da suinocultura como fertilizante orgânico e recuperação de mata ciliar.

O Projeto Agricultura familiar e meio ambiente no território do Alto Uruguai Catarinense (Projeto Filó), também realizado entre 2010 e 2013, foi uma ação de

pesquisa participativa financiada pela própria Embrapa e desenvolvida em parceria com a Epagri, IFC e Equipe Co-Gestora do Parque Estadual Fritz Plaumann (Ecopef). O nome "filó", por sua vez, foi uma homenagem ao tradicional costume das famílias de origem italiana da região que se reuniam para conversar e reforçar os laços de solidariedade social. O Projeto Filó teve como objetivo geral constituir estratégias de desenvolvimento territorial sustentável de forma participativa, consolidando a produção agropecuária com o meio ambiente.

O Filó promoveu uma intervenção prática junto à comunidade do entorno do Parque Estadual Fritz Plaumann para validar as estratégias de desenvolvimento concebidas. Como resultados mais importantes, o projeto alcançou a formação de uma rede com 300 atores regionais envolvidos com as questões relacionadas ao tema agricultura familiar e meio ambiente e o desenvolvimento de ações que subsidiaram o processo de planejamento da área de amortecimento do Parque Estadual Fritz Plaumann, apontando na direção de um potencial projeto de Pagamento de Serviços Ambientais (PSA). Outro resultado do projeto foi a realização de um curso de pós-graduação latu sensu em pareceria com o IFC, que permitiu a formação de três dezenas de agentes públicos e privados direcionados para o tema agricultura familiar e desenvolvimento regional.

Outra ação importante, promovida entre 2016 e 2019, foi o Projeto Avaliação de indicadores e estratégias para valoração de serviços ambientais em bacias hidrográficas com produção intensiva de animais. Também financiado pela Embrapa, o projeto trabalhou na sub-bacia hidrográfica do lajeado Fragosos (SBHLF), com elevada concentração de animais e base de dados histórica sobre produção, uso do solo e qualidade da água. O projeto buscou definir os principais serviços ambientais, propor e testar indicadores que possibilitaram identificar, quantificar e comparar a pressão exercida pelas criações intensivas de animais na qualidade do solo e dos recursos hídricos.

Entre os resultados obtidos pelo projeto estão a definição e avaliação de indicadores de serviços ambientais em bacias hidrográficas com produção intensiva de animais. Também, atingiu-se critérios, indicadores e um modelo de referência para a tomada de decisão sobre riscos de poluição por fontes difusas, partindo de índices que possibilitaram diagnosticar, quantificar, prever, valorar e comparar a pressão da produção animal intensiva sobre a interligação solo-águas. Também, foram propostas pelo projeto estratégias conservativas e de manejo nas propriedades rurais passíveis de valoração de serviços ambientais.

Por fim, o Projeto Desenvolvimento de um modelo de gestão ambiental para áreas com produção intensiva de animais no sul do brasil, realizado entre 2019 e 2023, articulou um modelo de gestão ambiental para bacias hidrográficas com produção intensiva de animais. A ação da Embrapa, promovida em parce-

ria com o município de Presidente Castello Branco, localizado na microrregião do Alto Uruguai Catarinense, buscou integralizar informações normalmente dispersas sobre a espacialização dos rebanhos, relação entre rebanhos e áreas agrícolas para uso dos seus dejetos como fertilizantes do solo e também sobre os custos e riscos ambientais dessa prática. A intenção foi testar um modelo de gestão integrada que poderia servir como referência para políticas públicas de gestão ambiental.

Os principais resultados do projeto foram quatro: (1) diagnóstico participativo das políticas municipais de apoio ao aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizante em Presidente Castello Branco; (2) implementação de uma geodatabase para a espacialização da produção de suínos em regiões mais representativas da produção; (3) sistema de rastreamento e gestão da frota de máquinas agrícolas (denominado de Geofert); e (4) modelo multicritério para adequação ambiental das propriedades suinícolas.

Apoio ao desenvolvimento de novas políticas públicas

A área ambiental da Embrapa Suínos e Aves desempenhou um papel fundamental nos últimos 15 anos no apoio a políticas públicas, conforme já descrito no tópico Gestão da água na suinocultura e em outros capítulos deste livro (ver a descrição do Sistema de Gestão Ambiental da Suinocultura - SGAS no capítulo 20). O apoio se traduziu, na prática, em três ações. Por um lado, a Embrapa Suínos e Aves participou de debates sobre pontos das regulamentações ambientais que precisavam passar por revisão. Depois, promoveu pesquisas em parceria com instituições públicas e privadas para levantar dados que justificassem as mudanças propostas. Por fim, também atuou na construção de instrumentos para a implementação das novas regulamentações – caso do SGAS, que alterou a forma como os produtores de suínos de Santa Catarina passaram a obter a licença ambiental das suas propriedades.

A partir de 2023, os pesquisadores das área de meio ambiente da Embrapa Suínos e Aves também passaram a contribuir com os debates sobre a definição de indicadores e métricas de sustentabilidade para a suinocultura e avicultura brasileiras. A Unidade auxiliou especialmente na mobilização para a construção de protocolos de sustentabilidade adaptados à realidade brasileira. Estudos prévios da Embrapa demonstraram que as condições em que são produzidos suínos e aves geram, possivelmente, menor impacto em termos de gases de efeito estufa na comparação com métricas internacionais. O apoio à construção de políticas públicas foi, sem dúvida, um dos maiores aportes da Embrapa Suínos e Aves em termos de meio ambiente desde 2010.

Novas rotas tecnológicas são importantes desafios

Os avanços proporcionados pela Embrapa e parceiros nos últimos anos, muitos deles induzidos por demandas do setor produtivo, têm contribuído para a sustentabilidade da produção animal. No entanto, muitos desafios ainda se apresentam em função das transformações dos sistemas de produção animal. A crescente necessidade de energia e água vinculada ao aumento da escala de produção e à necessidade de novas rotas tecnológicas para o tratamento dos dejetos são desafios de pesquisa e desenvolvimento que se impõem. Neste sentido, tecnologias, produtos e processos que racionalizem o uso de recursos naturais, que mitiguem a emissão de gases de efeito estufa e que consigam valorar os resíduos sob a ótica da economia circular tendem a ganhar força e aumentar ainda mais a competitividade da avicultura e suinocultura brasileiras, tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo.

Referências

ANGNES, G.; NICOLOSO, R. da S.; SILVA, M. L. B. da; OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M.; MEZZARI, M. P.; MILLER, P. R. M. Correlating denitrifying catabolic genes with N2O and N2 emissions from swine slurry composting. **Bioresource Technology**, n. 140, p. 368-375, 2013. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.04.112.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2018**. São Paulo: ABPA, 2018. 176 p. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/02/abpa-relatorio-anual-2018.pdf. Acesso em: 30 abr. 2025.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ. L. G.; OLIVEIRA, P. A. V.; MATTEI, R. M.; COMIN, J. J. Avaliação do desempenho da maravalha e da palha de azevém (Lollium Multiflorum) como substratos na co-compostagem dos dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 2., 2011, Foz do Iguaçu, PR. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

MATTHIENSEN, A.; BREDA, M.; NONNENMACKER, J. L.; MICHELON, W.; ROMAN, S. S.; DIEFENTHAELER, H. S.; CANSIAN, R. L.; PEREIRA, A. A. M.; SILVA, M. L. B. da. **Avaliação da composição celular e da toxicidade aguda e subcrônica de material algáceo produzido com efluentes da suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. (Embrapa Suínos e Aves. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

MICHELON, W.; DINNEBIER, H. C. B.; SILVA, M. L. B. da; MATTHIENSEN, A.; SOARES, H. M. Microalgae obtained from swine wastewater treatment as source of aminoacids and omega-3. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 6., 2019, Florianópolis, SC. **Anais**... Concórdia: Sbera/Embrapa, 2019. p. 218-221.

NICOLOSO, R. da S.; LIMA, G. J. M. M. de; KRABBE, E. L.; MORES, N.; OLIVEIRA, P. A. V. de; KUNZ, A.; DALLA COSTA, O. A.; CARON, L.; AVILA, V. S. de; BARROS, E. C.; OLIVEIRA, M. M. de. **Tecnologias para destinação de animais mortos na granja**. 2. ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 40 p. Cartilha.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

NUNES, E. H.; PECORARO, C. A.; GONÇALVES, J. C.; MIRANDA, K. O. da S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; TAVARES FILHO, J. Methods for determining the emission of greenhouse gases in swine farming. R**evista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 195-201, 2023. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p195-201.

OLIVEIRA, M. M. de; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Évaluation des paramètres physico-chimiques du processus de compostage accéléré de carcasses de porcs morts, dans des réacteurs à cylindre rotatif. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 52., 2020, Paris. **Résumés et textes**. Paris: IFIP; INRAE, 2020.

OLIVEIRA, M. M. de; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P. A. V de. Physicochemical parameters in the accelerated composting process of poultry carcasses in rotary drum reactor. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 7., 2021, On-line. **Proceedings**... Concórdia, SC: Sbera; Embrapa Suínos e Aves, 2022. p. 90.

OLIVEIRA, M. M. de; COLDEBELLA, A.; BELLI FILHO, P.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Aeration frequency on accelerated composting of animal carcasses. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 6, p. 653-665, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018426021818.

OLIVEIRA, M. M. **Otimização do processo de compostagem de carcaças de animais mortos em reator cilíndrico rotativo**. 2019. 154 f. Tese (Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVEIRA, P. A. V. de; BARROS, E. C.; SCHELL, D. R.; TURMINA, L. P. **Dimensionamento de unidade de compostagem automatizada para tratamento dos dejetos suínos**. 2. ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 31 p. Cartilha.

OLIVEIRA, P. A. V. de; COLDEBELLA, A.; MARCANZONI, V. C. B. Efeito da climatização no desempenho zootécnico dos suínos nas fases de crescimento e terminação e na concentração de gases. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 11., 2023, Foz do Iguaçu, PR. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. PorkExpo Latam 2023. p. 131-132.

OLIVEIRA, P. A. V. de; NICOLOSO, R. da S.; HIGARASHI, M. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos. Desenvolvimento de unidade de compostagem automatizada para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém, PA. **Anais**... Belém: UFRA, 2011.

OLIVEIRA, P. A. V. de, NUNES, M. L. A., KUNZ, A., HIGARASHI, M. M.,SCHIERHOLT NETO, G.F., Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia, GO. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003a. p. 433-434.

OLIVEIRA, P. A. V. de; SANTOS FILHO, J. I. dos; BELLAVER, P.; SCHEUERMANN, G. N.; CARON, L. **Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na produção de frangos de corte nos sistemas convencional e dark house**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 12 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 504)

SANTOS FILHO, J. I. dos; OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M.; SULENTA, M.; HENN, J. D.; NICOLOSO, R. da S. Viabilidade econômica da unidade de compostagem de dejetos suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém, PA. **Anais**... Belém: UFRA, 2011.

TAVARES, J. M. R. M**odelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura**. 2016. 229 f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TAVERNARI, F. de C.; ROZA, L. da F.; SUREK, D.; SILVA, M. L. B. da. **Energia metabolizável aparente e digestibilidade de aminoácidos de microalga (Spirulina spp.) para frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 527).

TAVERNARI, F. de C.; SUREK, D.; ROZA, L.; SILVA, M. L. B. da; ALBINO, L. Broiler chicken ileal apparent digestibility of calcium and phosphorus from microalgae spirulina maxima. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, 2016, Georgia. **Abstracts**. Southern Poultry Science Societys, 2016. p. 95.

VILAS-BOAS, J.; OLIVEIRA, P. A. V. de; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; ZANUZZI, C. M. das S.; TREMEA, S. L.; PEIKAS, F.; SQUEZZATO, N. C.; ZIMMERMANN, L. A.; SANTOS, M. A.; AMARAL, N. do. **Gestão da água na suinocultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2016. 32 p. Cartilha.

CAPÍTULO 16

Produção de ovos cresce 46% no Brasil em 15 anos

Jorge Vitor Ludke, João Dionísio Henn e Gerson Neudí Scheuermann

Embrapa e as pesquisas de apoio à produção de ovos | 1975–2010

As contribuições da Embrapa Suínos e Aves entre 1975 e 2010 para a produção de ovos procuraram se alinhar principalmente com a necessidade brasileira de diminuir a dependência do material genético importado. Foi dentro dessa perspectiva que a Embrapa lançou em 1994 a primeira linhagem brasileira de aves de postura para produção de ovos brancos, a Embrapa 011. Posteriormente, a Embrapa publicou o manual da Embrapa 011, utilizado para orientar o produtor sobre o manejo de arraçoamento da linhagem. A Embrapa também desenvolveu a poedeira comercial Embrapa 031, linhagem de alta rusticidade e, por isso, de menor risco sanitário à introdução de doenças exóticas no plantel alojado.

No início dos anos 2000, a Embrapa fez o terceiro lançamento de material genético voltado à produção de ovos. A Embrapa 051 foi apresentada como uma galinha híbrida, semipesada, ideal para criações coloniais à solta, com boa capacidade de produção de ovos castanhos. Como vantagem do novo híbrido, ao final do ciclo de postura, as aves poderiam ser abatidas para o consumo doméstico ou para a venda, da mesma forma que as matrizes pesadas. O grande potencial de utilização da Embrapa 051 foi para produção colonial ou orgânica, sendo explorada com sucesso devido à melhor adaptação aos sistemas estudados.

Dentro dessa abordagem, a Embrapa ainda desenvolveu o sistema alternativo para produção de ovos em parque, ou semi-intensivo, no qual recomendou-se que as frangas pudessem ser criadas e recriadas no sistema intensivo de produção até 16 semanas de idade. A partir dessa idade, as aves poderiam ser soltas em parques, com a utilização de rações balanceadas à vontade e suplementação com legumes e hortaliças. Também disponibilizou o manual Manejo e produção de poedeiras comerciais.

Ingredientes alternativos e avaliação da qualidade do ovo

Dentro da linha de ingredientes alternativos, a Embrapa desenvolveu estudos para utilizar resíduos das agroindústrias na alimentação de poedeiras. Essa prática foi importante para viabilizar uma dieta balanceada e aproveitar alimentos alternativos disponíveis localmente. Assim, estudos considerando o uso de farelo de goiaba e farelo de tomate na dieta de poedeiras comerciais permitiram estabelecer seu uso sem prejuízos ao desempenho das aves.

Tecnologias e práticas também foram desenvolvidas na Embrapa Suínos e Aves atendendo análises de variáveis internas de qualidade dos ovos de interesse da indústria e do consumidor. O desenvolvimento de um sistema de avaliação da

qualidade do ovo (Sistema de Análise de Ovos - SAO), em conjunto com a Embrapa Instrumentação Agropecuária, introduziu a mensuração da altura do albúmen por meio de um micrômetro digital. O equipamento era constituído de um sensor, um sistema eletrônico de transdução e comunicação e um software de controle e armazenamento dos dados obtidos nas análises.

No final dos anos 2000, a aplicação de técnicas de visão computacional foi avaliada na análise da pigmentação da gema, uma característica importante para valorização e aceitação dos ovos pelos consumidores. Com a implementação das técnicas de visão computacional em protótipo desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves, foi possível identificar e classificar a coloração e tamanho das gemas com maior precisão. A Embrapa disponibilizou ainda gratuitamente na internet um software para estimar a produção semanal de ovos, a produção acumulada em cada semana e parâmetros da curva de produção de ovos a partir de registros parciais ou incompletos de produção. A interface do programa com o usuário é feita via internet com acesso livre para todos os usuários.

"O apoio à produção de ovos se deu através da disponibilização de **material genético** e contribuições variadas para a avicultura brasileira."

Outras contribuições da Embrapa para a produção de ovos foram propostas de programa de luz e muda forçada para poedeiras, práticas para avaliação da uniformidade nas fases de cria e recria em lotes de frangas leves e publicação das Boas Práticas de Produção (BPP) na postura comercial. A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu ainda uma metodologia de cálculo de custo de produção na postura, a qual auxiliou no levantamento de índices para situar o nível tecnológico e a eficiência com que a postura comercial vinha se desenvolvendo. A Embrapa também apresentou soluções para desafios vinculados a questões de ambiência (distribuição da iluminação em aviários, diagnóstico de variáveis ambientais influentes, temperatura da água em bebedouros, controle da ventilação), bem-estar animal, segurança dos alimentos e automação no processo de produção.

Produção de ovos cresce 46% no Brasil em 15 anos

A produção de ovos no Brasil acompanhou, nos últimos 15 anos, a evolução apresentada pela avicultura nacional como um todo. O reflexo mais visível dessa evolução foi o recorde de produção atingido em 2024 (Figura 16.1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o país produziu 4,80 bilhões de dúzias, 10% acima do ano anterior. Na comparação com 2010, quando o Brasil produziu 3,2 bilhões de dúzias, o incremento foi de 46%. Outro dado importante é sobre o Valor Bruto da Produção (VBP), que em 2024 atingiu R$ 26,2 bilhões (ABPA, 2025). A evolução do setor foi baseada em avanços tecnológicos ligados a diversas áreas do processo produtivo, como genética importada, ambiência, sanidade e nutrição das aves. A evolução só foi possível também em função da capacidade técnica dos profissionais e empresários que atuam na produção. A consequência é que, no período de 15 anos, o aumento no consumo de ovo por habitante ao ano foi estimado em 82%.

Com um consumo de 269 ovos/habitante ao ano em 2024, estima-se que o ovo como alimento pode representar, na média, 7,2% da ingestão dietética recomendada de proteína e 2% da necessidade energética estimada. O ovo também é referenciado como fonte de vitaminas lipossolúveis, vitamina B12, colina e selênio (Scheuermann; Rosa, 2017; Tavernari et al. , 2023).

A evolução da produção de ovos entre 2010 e 2025 foi marcada por pressões externas às granjas que influenciaram como a atividade se desenvolveu.

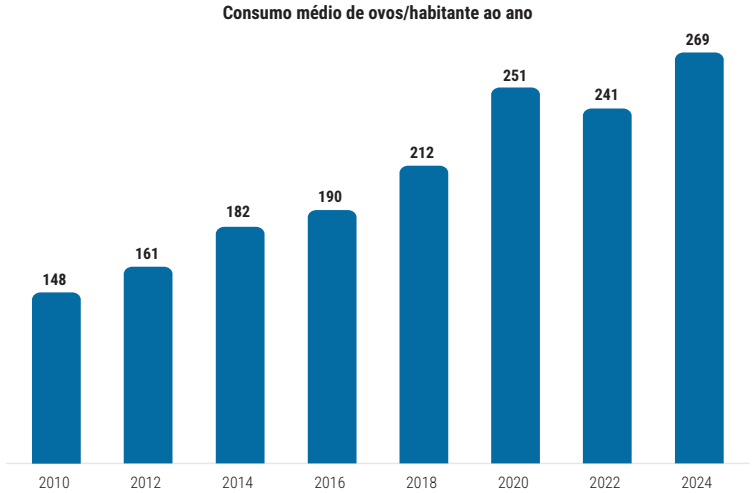

Figura 16.1. Consumo médio anual de ovos de galinha por habitante no Brasil, de 2010 a 2024.
Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (2025).

Dois movimentos tiveram especial impacto sobre a avicultura de postura. Um deles veio do consumidor, que se mostrou, a partir da última década, preocupado com o bem-estar animal (Silva et al., 2020). O questionamento do consumidor concentrou-se no alojamento das poedeiras em gaiolas. O segundo movimento foi uma normativa governamental que estabeleceu novas regras sanitárias para a produção de ovos (telamento das instalações), em conformidade com dispositivos legais estabelecidos ainda na primeira década do século XXI no Plano Nacional de Prevenção da Influenza Aviária e de Controle e Prevenção da Doença de Newcastle (Brasil, 2006).

As respostas para essas duas pressões levaram principalmente a mudanças no sistema de produção de ovos (Silva et al., 2021). Foram adotadas e melhoradas outras formas de instalações e manejo, como o *cage free* (no qual as galinhas são criadas em galpões sem gaiolas, com acesso a ninhos, em um nível ou múltiplos níveis, poleiros e áreas para banhos de areia). Outros modelos melhorados foram o *free range*, no Brasil o colonial, caipira ou capoeira (as poedeiras são criadas em instalações com acesso controlado a áreas externas; as áreas apresentam pastagem apropriada, diferenciando-se do *cage free* por ter acesso ao ar livre, com área externa totalmente protegida com tela, inclusive na parte superior dos

piquetes, conforme definido pela Portaria do Ministério da Agricultura e Pecuária - Mapa n° 782, de 26 de março de 2025, que decreta emergência zoosanitária) e o modelo vertical ou mantidas confinadas (sistema que utiliza estruturas em andares, em vez de galpões tradicionais tipo californiano, garantindo um ambiente mais isolado e seguro para as aves, além de facilitar a operação de equipamentos automatizados - climatização, arraçoamento, água, coleta de ovos e retirada das excretas). O modelo vertical necessita de ventilação forçada, resfriamento evaporativo e um eficiente sistema de gerador de energia.

Outros temas relevantes no período entre 2010 e 2025 no setor de ovos relacionaram-se com os incubatórios. Vários esforços foram feitos para o desenvolvimento de soluções que respondessem a gargalos como o descarte de machos (ainda sem solução econômica efetiva), novos métodos de sexagem e aproveitamento dos resíduos através de processamentos adequados. Houve também mobilização de atores públicos e privados no estudo de soluções voltadas ao aumento do tempo de prateleira para os ovos. O objetivo contínuo é minimizar o desperdício de ovos na fase de comercialização em mercados e demais postos de venda.

A avicultura alternativa também apresentou progressos importantes nos últimos 15 anos. Esses avanços referiram-se à organização dos produtores e maiores garantias na oferta de produtos de qualidade. Os produtores de ovos alternativos avançaram especialmente na adequação de instalações, aprimoramento do manejo das aves e melhorias das condições sanitárias do rebanho. Eles ainda aprimoraram a abordagem ao consumidor, mostrando com maior clareza os diferenciais dos produtos vinculados à avicultura alternativa brasileira (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016).

A produção das poedeiras, além da classificação pela sua característica de escala de produção, seus aspectos tecnológicos e caracterização social, também pode ser enquadrada pelo cumprimento de normas de produção em sistemas convencionais ou tradicionais intensivos (fundamentados no uso de insumos de síntese química, mecanização intensiva e intensa seleção genética) e sistemas não convencionais, alternativos, chamados de agroecológicos por opção ou necessidade (Ávila; Soares, 2010; Ávila et al. , 2017), que sob esta designação reúne várias correntes filosóficas de produção agropecuária (orgânico, biológico, ecológico). O sistema orgânico de produção de ovos sofreu constante atualização das normas de produção e as restrições quanto ao uso de ingredientes e alimentos impuseram alto custo de produção (Ludke et al., 2010).

Fundamentado na descrição dos elos da cadeia produtiva de aves de postura, feita por Mazzuco et al. (2011), a Tabela 16.1 apresenta um detalhamento sobre a caracterização dos diferentes sistemas de produção. Nessa tabela aparecem os pontos fortes e as fragilidades de cada sistema.

Tabela 16.1. Características dos sistemas de produção de poedeiras em função da escala de produção e do nível tecnológico empregado.

Parâmetros de eficiência e estruturais	Sistemas tradicionais e sistemas tradicionais melhorados	Sistemas semicomercial e comercial	Sistemas industriais de grande porte
Definição de tamanho da produção, segundo Talamini et al. (2008)	Produtores de subsistência ou de fundo de quintal (até 500 aves) com excedente comercializado	Pequenos (de 500 a 5 mil aves) e médios produtores (de 5 mil até 100 mil poedeiras)	Grandes produtores (mais de 100 mil poedeiras)
Defasagem tecnológica e estrutural	Muito alta	Média (tecnologia cara devido à escala de produção)	Defasagem inexistente
Acesso à pesquisa, desenvolvimento e inovação	De ausente a muito limitado	De acesso limitado a pleno acesso na produção em maior escala	Acesso pleno com alto nível de mecanização, automação e tecnologia importada
Infraestrutura de suporte laboratorial	Sem acesso	Acesso possível, porém caro	Pleno acesso
Acesso a insumos biológicos e fármacos	Dificuldade para aquisição de vacinas e medicamentos	Em plantéis de médio porte, menor dificuldade	Sem dificuldades em função da escala de produção
Uso de nutrição adequada	Rações comerciais caras ou alimentação desbalanceada	Formulação assistida por empresas fornecedoras de insumos tecnológicos	Dispõe de equipes para otimizar as formulações de rações de baixo custo

Continua...

Tabela 16.1. Continuação.

Parâmetros de eficiência e estruturais	Sistemas tradicionais e sistemas tradicionais melhorados	Sistemas semicomercial e comercial	Sistemas industriais de grande porte
Controle de qualidade das matérias-primas e da qualidade da água	Ausente	Somente após detecção de problemas na produção de ovos	Controle preventivo com monitoria constante da qualidade dos insumos
Conversão alimentar	Conversão desfavorável devido à nutrição inadequada e baixa produtividade	Relativamente alto dispêndio de ração por ovo em poedeiras semipesadas	Excelente conversão alimentar é essencial para ganhos em escala
Mortalidade	Alta (até 15% dos animais adultos ou mais em caso de surtos)	Média (8 a 10% em função de temperaturas elevadas)	Baixa (4 a 6% em ambientes controlados)
Produção de ovos (taxa de postura)	30 a 40% (produção de ovos a cada três dias)	50 a 70% (produção dia sim dia não)	90% e segundo curva de produção otimizada para relação custo:benefício
Genética	Raças locais adaptadas e com resiliência em conformidade com o sistema de produção	Ênfase em genéticas de alto desempenho e alta qualidade da casca	Usa linhagens de alto desempenho que tenham uniformidade e longevidade na produção
Edificações e formas de alojamento	Modelos predominantes ***free range*** e *cage free indoor*	Modelo predominante é o californiano ou modelo *cage free indoor*	Sistemas californiano, vertical em gaiolas ou *cage free indoor*

Continua...

Tabela 16.1. Continuação.

Parâmetros de eficiência e estruturais	Sistemas tradicionais e sistemas tradicionais melhorados	Sistemas semicomercial e comercial	Sistemas industriais de grande porte
Climatização	Ausente	Uso de técnicas de resfriamento com ventilador no sistema californiano	Uso de técnicas de resfriamento com ventilador (californiano) ou climatização completa no sistema vertical
Equipamentos	Fornecimento de ração, coleta de ovos, manejo das excretas manual, fornecimento de água aleatório	Algum grau de automação em empreendimento médio. Fornecimento de ração e coleta de ovos manual	Fornecimento de ração, coleta de ovos, retirada de excretas e climatização em sistemas verticais automatizados
Programa de luz	Ausente	Presente	Presente
Controle básico da qualidade na produção	Ausente sem análise da qualidade do ovo	Controle parcial (classificação e ovoscopia)	Qualidade da casca é essencial e manejo do ovo é automatizado
Gestão da qualidade através de APPCC e rastreabilidade	Ausente	Geralmente, ausente. Presente em médios produtores	Presente, com auditorias para certificação como requisito
Força de trabalho	Trabalho essencialmente familiar em tempo parcial	Proporciona um alto número de empregos para mão de obra (semi) especializada	Demanda limitada, porém, por pessoal altamente qualificado
Estrutura da unidade produtora e organização gerencial	Empreendimento familiar propriedade multifuncional	Avicultores especializados que são empresários independentes e cooperativados	Empresários capitalistas

Atualmente, a sociedade demanda à produção agropecuária vários compromissos que se refletem sobre o abastecimento de alimentos com alta qualidade e livres de resíduos. Exige, também, produção agrícola que cause o menor dano possível ao ambiente através do uso controlado de fertilizantes, medidas integradas de proteção às plantas, máxima produção por unidade de alimento consumido pelos animais e, desta forma, com um mínimo de excreção por produto animal gerado, além da observância das necessidades de bem-estar animal na produção intensiva. Finalmente, porém não menos importante, cobra ainda o uso racional de recursos (matéria-prima e energia), de forma economicamente viável, em todos os sistemas de produção, que devem ser orientados para o mercado. A responsabilidade da atividade agropecuária para atender às demandas da sociedade está aumentando porque, além da própria produção primária, também está em discussão o manejo agrícola sustentável da biosfera, que afeta o clima e, de outro lado, aumenta as exigências quanto às indústrias de transformação de alimentos.

Contribuições da Embrapa para a produção de ovos

A Embrapa Suínos Aves, através do seu corpo técnico, em diferentes momentos, expressou o dilema que ocorre entre atender às demandas em bem-estar animal e sanidade com os diferentes sistemas de alojamento utilizados na produção (Mazzuco; Jaenisch, 2016). Adicionalmente, foi abordada a questão da ausência ou impossibilidade de manter conforto ambiental através do controle dos excessos de temperatura nas instalações, que não oferecem possibilidade de efetiva e eficiente climatização ambiental nos diferentes sistemas adotados em clima tropical e subtropical (Mazzuco et al. , 2019). Os tópicos abaixo descrevem, de uma forma geral, contribuições importantes da Embrapa Suínos e Aves entre 2010 e 2025 para a produção de ovos no Brasil.

Biosseguridade é essencial nos sistemas de postura

Em função das ameaças sanitárias na produção avícola, a Embrapa Suínos e Aves procurou difundir através de publicações recomendações técnicas para os diferentes sistemas de produção na avicultura de postura. Devido à maior suscetibilidade verificada nas pequenas produções, foi colocada ênfase em recomendações básicas de biosseguridade (Duarte et al., 2020). Dentro do Programa BPP-OVOS (Boas Práticas de Produção na Postura Comercial), no segmento comercial foram descritos os requisitos básicos de biosseguridade (Duarte et al., 2018) - mais informações sobre o BPP-OVOS são apresentadas no tópico BPPs no cadastro e registro de granjas, que será apresentado a seguir.

Informativo técnico (Duarte et al., 2016) com orientações para controle de *Salmonella* spp. em granjas de postura comercial em gaiolas foi elaborado visando sensibilizar os produtores para procedimentos básicos essenciais em todas as etapas da produção. No quesito qualidade microbiológica dos ovos produzidos em pequena escala, foi descrito (Saatkamp; Ávila, 2016) um modelo para o adequado dimensionamento e construção dos ninhos, com o objetivo de reduzir perdas, danos e contaminações de ovos.

Porém, um dos grandes impactos na questão de biosseguridade foi a exigência legal via Instrução Normativa (IN) nº 8, de 17 de fevereiro de 2017, da Secretaria de Defesa Agropecuária do Mapa para o telamento das instalações avícolas (malha inferior a 1 polegada ou 2,54 cm) (Brasil, 2017). Houve necessidade de adaptações nas instalações da avicultura de postura sob modelo californiano e, nesse sentido, a Embrapa Suínos e Aves procurou orientar para uma rápida resposta frente à necessidade premente dos produtores em atender à legislação (Henn et al., 2017).

As publicações Série Documentos 187 e a Circular Técnica 60 foram parte dos resultados do projeto de transferência de tecnologia BPP-Ovos, liderado pela Embrapa Suínos e Aves. As experiências de telamento relatadas no documento (Figura 16.2) foram desenvolvidas em algumas das granjas Unidades de Referência Tecnológica (URT) do projeto. Esta publicação apresentou algumas possibilidades de adaptação nas instalações e alternativas de limpeza periódica das telas, com a descrição de experiências sobre a aplicação prática dos conceitos requeridos na legislação.

Ajustes nos níveis de cálcio e fósforo para poedeiras

Estudos sobre mudanças na nutrição relacionadas aos modelos de instalação vertical e genética das poedeiras modernas com persistência na produção foram realizados pela equipe técnica da Embrapa Suínos e Aves em parceria com diversas universidades federais. Tradicionalmente, tem sido dada ênfase na pesquisa na área de nutrição das poedeiras sobre a questão da produção a menores custos. Atualmente, pesquisas são desenvolvidas para o ajuste da nutrição em função dos sistemas de produção, adaptando, por exemplo, dietas para reduzir o nível de amônia em instalações verticais (Vieira et al., 2023) através do uso de insumos tecnológicos nas rações.

Foram executadas pesquisas para avaliar níveis de cálcio e fósforo nas dietas em função da longa persistência na postura (Diana et al., 2021). E, da mesma forma, o uso de aminoácidos sintéticos, visando equilibrar as dietas na sintonia fina, buscaram uma relação de proteína ideal nas rações para que a produção de ovos tivesse menor impacto ambiental (Lelis et al., 2014).

Foto: João Dionísio Henn

Figura 16.2. Telamento em aviário californiano, conforme preconiza a legislação que passou a ser aplicada no Brasil.

Manejo e genética para a produção colonial de ovos

No intuito de melhorar a viabilidade econômica de pequenas criações coloniais como as definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016), a Embrapa apresentou um guia de manejo adequado para a linhagem Embrapa 051 (Ávila et al., 2016), a poedeira de ovos castanhos. Essa poedeira tem potencial de oferecer uma alta produção de ovos, na comparação com as aves sem raça definida, usualmente criadas em propriedades de agricultores familiares. Por esse motivo, é adequada para criações em sistemas alternativos de produção. A identificação dessa poedeira de plumagem marrom é através da cor preta das penas timoneiras (na cauda).

Os ovos castanhos apresentam variação na matiz, apresentando coloração do castanho claro ao castanho intenso. Assim, diferenciam-se dos ovos produzidos pelas linhagens de genética extremamente padronizada usadas em sistemas de produção industrial, nos quais a cor dos ovos é castanho marrom uniforme. Em pequena escala de produção, o sistema preferencial para a coleta de ovos da Embrapa 051 é manual. O guia de manejo apresenta todas as recomendações técnicas para uma produção de qualidade.

Programa de luz na postura aumenta a uniformidade

O aumento na rentabilidade, atendidas todas as demais condições de produção, depende da luminosidade adequada nas fases de cria, recria e no período que antecede o início da postura. Conforme recomentado pela Embrapa, a luz, na medida certa, evita perdas de aves e desequilíbrios metabólicos que afetam o bem-estar. Para um estímulo adequado na produção de ovos no período da postura, é necessária uma iluminação bem definida. Esta é uma solução tecnológica simples a ser aplicada quando existe a disponibilidade de energia elétrica na propriedade rural.

Produções em pequena escala, via de regra, não usam a técnica da luminosidade adequadamente. Nesse sentido, orientações técnicas para implantação de programas de luz para poedeiras alojadas em piso foram disponibilizadas explorando os conhecimentos científicos disponíveis (Ávila, 2023). Segundo a Embrapa, a não aplicação de um programa de alimentação e luz adequado acarreta no comprometimento da uniformidade das frangas em peso corporal. Isso gera, por consequência, atraso ou antecipação no momento de iniciar a produção, pico de produção irregular, falta de persistência na produção, ovos deformados, ovos de duas gemas, redução na qualidade da casca do ovo e incidência de mortalidade por prolapso.

Estudos evidenciam importância da qualidade da água

Problemas de qualidade da água (contaminação microbiológica, floração de algas nocivas em reservatórios abertos tipo açudes e barragens, água salobra, temperatura fora do padrão e água fora do pH ideal, entre muitos outros fatores de não conformidade) impactam na lucratividade da avicultura de postura. Múltiplos problemas simultâneos são observados e vão desde queda na taxa de postura e enfermidades entéricas e respiratórias até altas taxas de mortalidade. Mesmo restaurando a qualidade da água, os efeitos negativos sobre a produtividade se estendem por longos períodos. A importância da qualidade da água para poedeiras foi abordada em estudos da Embrapa feitos nos últimos 15 anos e recomendações técnicas foram sistematizadas no mesmo período (Matthiensen; Schmidt, 2018).

BPPs no cadastro e registro de granjas de postura

A avicultura de postura é uma cadeia em processo de modernização das estruturas de produção e de insumos, como também na melhoria de procedimentos nas granjas e de aperfeiçoamento da legislação (Mazzuco et al. , 2016). Manter os plantéis avícolas livres de doenças é fator crucial para manutenção da competitividade e crescimento da cadeia. Em busca deste objetivo, o Brasil possui o Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) do Mapa que busca normatizar condutas e estruturas que visam a prevenção de enfermidades de risco aos planteis brasileiros.

A IN nº 56, de 4 de dezembro de 2007, e a IN nº 8, de 17 de fevereiro de 2017, buscaram direcionar estas ações. Entretanto, os produtores apresentavam baixa adesão (telamento em sistema californiano) e compreensão das normas previstas na legislação. Visando melhorar estas questões, a partir de 2016 a Embrapa Suínos e Aves liderou o Projeto Boas Práticas de Produção na Avicultura de Postura (BPP-Ovos), um esforço articulado com diferentes elos da cadeia produtiva, associações de representação e órgãos públicos para difundir as BPP-Ovos e viabilizar o atendimento às normativas de qualidade dos ovos brasileiros.

O projeto foi baseado em pilares como: (1) formalização de parcerias; (2) publicação das boas práticas e outros materiais; e (3) estruturação de uma rede de Unidades de Referência Tecnológica (URTs). O trabalho foi desenvolvido em parceria com o Mapa, órgãos de defesa sanitária animal dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Espírito Santo, Instituto Ovos Brasil, associações estaduais de avicultores (Associação Gaúcha de Avicultura - ASGAV e Associação dos Avicultores do Espírito Santo - AVES), cooperativa (Nater Coop, antiga Cooperativa Agropecuária Centro Serrana - Coopeavi), integradora (Naturovos) e 11 produtores (unidades demonstrativas).

Este trabalho apoiou o cumprimento dos processos de cadastro e de registro das granjas produtoras de ovos comerciais brasileiras nos órgãos estaduais de defesa sanitária animal. A estratégia adotada foi de promover maior compreensão da legislação e também interação com os órgãos oficiais para o esclarecimento de situações não previstas no processo de adequação nas granjas. Foram apresentadas soluções de telamento para aviários californianos e requisitos mínimos de biosseguridade.

Também foram realizadas capacitações voltadas para granjas de pequeno e médio porte nas unidades demonstrativas dos três estados, representando diferentes realidades, que serviram de modelo didático para outros produtores e para a coleta de dados que basearam várias publicações. As ações foram realizadas com auxílio dos órgãos fiscalizadores no processo de orientação aos produtores. Dessa forma, o projeto investiu na sensibilização dos produtores sobre a importância das boas práticas de produção e da adequação à legislação vigente.

O apoio à execução de políticas públicas (IN nº 56 e IN nº 8 do Mapa) trouxe benefícios globais para toda a avicultura do Brasil, independentemente da espécie, com impactos positivos na geração de riquezas e de ganhos sociais. Além disso, agregou qualidade e segurança ao ovo brasileiro. Para a avicultura de postura, representou um marco na busca crescente da profissionalização, com fortalecimento da biosseguridade e de ganhos potenciais de eficiência na produção e de qualidade dos produtos, além da melhoria da imagem da cadeia perante o consumidor e a sociedade. A atuação em parceira permitiu a formação de um ambiente colaborativo para projetos futuros da Embrapa. O atingimento dos objetivos do projetos contribuíram ainda com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 12, que diz respeito ao consumo e produção responsáveis.

Nanovo desenvolve película para manter ovos íntegros

Influenciar a manutenção da integridade dos ovos visando aumentar o tempo de prateleira, diminuir contaminações e garantir a redução de perdas durante a comercialização é um dos objetivos da pesquisa. Muitas vezes, não são observadas as condições adequadas quando da exposição dos ovos ao consumidor principalmente em ambientes não climatizados. Essa ampla diversidade na forma de comercialização que ocorre mais especificamente nos pontos de venda é um dos múltiplos fatores que define a decisão de compra pelo consumidor.

A busca pela inocuidade dos ovos de mesa tem sido uma prioridade na cadeia produtiva de postura comercial, e estratégias voltadas à melhoria da proteção da casca contribuem positivamente para a garantia da qualidade sanitária dos ovos de mesa. O ovo é um alimento perecível, apresentando validade de três

a quatro semanas. Caso esteja trincado, torna-se vulnerável tanto à contaminação cruzada quanto à deterioração da gema e da clara, o que pode levar a problemas sérios de saúde pública.

Apesar de possuir uma microestrutura naturalmente organizada para resistir a impactos mecânicos, a casca do ovo possui limitações para essa propriedade. Neste contexto, partindo da estratégia de revestir alimentos com biopolímeros de grau alimentício, como já ocorre no caso de algumas frutas, a Embrapa Suínos e Aves decidiu avaliar o efeito deste procedimento em ovos quanto à estabilidade de prateleira (*shelf-life*) e parâmetros de qualidade (físico-químicas e microbiológicas).

O Projeto Desenvolvimento de recobrimento nanoestruturado em ovos comerciais (Nanovo), iniciado em março de 2015, desenvolveu filmes de revestimento baseados em óleos e resinas naturais. Os filmes foram avaliados em escala laboratorial, etapa em que se observaram as propriedades do produto e como ele manteve as condições de qualidade interna associadas a um tempo maior de conservação sem uso de refrigeração.

A pesquisa demonstrou a ampliação do tempo de armazenamento dos ovos e manutenção da qualidade em até oito semanas (o dobro de tempo regulamentar, que é de quatro semanas). A partir dos resultados preliminares, um ativo de inovação foi obtido com know-how desenvolvido entre Embrapa Suínos e Aves e parceiros, acordado por meio de um contrato de cooperação técnica que contemplou um plano de trabalho de execução experimental. O plano incluiu o escalonamento do processo de revestimento, bem como a abordagem de aspectos regulatórios e mercadológicos que envolviam a validação da tecnologia em nível comercial.

Os resultados do Projeto Nanovo também incorporaram o trabalho anterior realizado em granjas de produção sobre adoção de boas práticas agropecuárias, limpeza e sanitização dos ovos, que em conjunto garantem que um alimento seguro chegue à mesa do consumidor. Benefícios ao consumidor incluíram a oferta de ovos com período de vida de prateleira estendidos e com melhoria nos aspectos de inocuidade e preservação da qualidade interna. O tempo maior de durabilidade de armazenagem proporcionou redução nas taxas de devolução e descarte do produto.

Embrapa é desafiada a acompanhar dinamismo do setor

O dinamismo na produção avícola de postura no Brasil surpreende. Uma vez asseguradas as condições de biosseguridade, os aspectos que podem determinar a expansão da produção, além da lucratividade, são o aumento no consumo por habitante, o aumento no processamento industrial do ovo (Amaral et al., 2016)

e a expansão das exportações, suprindo oportunidades de demanda em países afetados pela influenza aviária de alta patogenicidade. Com base na série histórica de produção de ovos (IBGE, 2022) e adotando as metodologias Arima (do inglês, *Autoregressive Integrated Moving Average*) e Sarima (do inglês, *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*), que são as mesmas metodologias adotadas nas projeções do Mapa para 32 produções da agropecuária, a estimativa de produção de ovos para o ano de 2030 é de 5,42 bilhões de dúzias (Padovan Júnior et al., 2023).

Aqueles autores analisaram a série temporal entre o primeiro trimestre de 2000 e o terceiro trimestre de 2022, identificando e modelando os padrões sazonais e tendências, bem como estimando as projeções do quarto trimestre de 2022 até o quarto trimestre de 2030. Seguindo a metodologia e conferindo os dados efetivos de produção em 2024 com o valor estimado para o ano, verifica-se que a projeção está subestimando a produção em 7,94%. Considerando essa correção, o valor projetado para 2030 seria próximo a 5,96 bilhões de dúzias. Isso significa um aumento projetado na produção de 2024 até final de 2030 (em sete anos) de 27,6%, ou seja, um aumento teórico linear da produção a uma taxa anual de 3,94% nesse intervalo.

A expansão da produção exige o acesso ao mercado externo, fazendo com que seja fundamental reconhecer as normas aplicadas para os diferentes sistemas de produção nos principais países produtores que influenciam o padrão de qualidade exigido no mercado internacional. Além das normas específicas de cada país-alvo das exportações, é necessário reconhecer os padrões de qualidade defendidos pelas organizações e associações avícolas, a exemplo da Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA), Poultry Processors and Poultry Trade in the European Union Countries (AVEC), World Egg Organisation (WEO), Associação Latino-americana de Avicultura (ALA), Conselho Internacional de Avicultura (IPC), United States Roundtable for Sustainable Poultry & Eggs (US-RSPE) e certificadoras internacionais. As exportações de ovos para consumo no ano de 2023 representaram uma divisa de 63,2 milhões de dólares, com 25,4 mil toneladas (cerca de 37 mil dúzias exportadas) e remuneração de aproximadamente US$ 1,70/dúzia (calculado a partir da CIAS - Central de Inteligência de Aves e Suínos - estatísticas Ovos; Associação Brasileira de Proteína Animal, 2025).

O futuro imediato da avicultura de postura traz desafios para a Embrapa Suínos e Aves. A descrição das características dos sistemas de produção de poedeiras em função da escala de produção e do nível tecnológico (Tabela 16.1) demonstram alguns temas onde a Embrapa Suínos e Aves pode e deve centrar seus esforços futuros, principalmente no tema biosseguridade. Nesse quesito, um esforço intenso na transferência de tecnologia é necessário, organizando-se em

parceria com órgãos de classe e produtores organizados sob forma de associações. Outro desafio é alcançar os pequenos produtores com o auxílio das atuais facilidades de comunicação.

O modelo de atuação existe e pode ser representado pelo projeto de transferência de tecnologia BPP-Ovos. Além dessa demanda imperiosa para ajudar na garantia e estabilidade do agronegócio avícola nacional através de barreiras que possam evitar a intrusão da influenza aviária de alta patogenicidade em plantéis comerciais, existem ainda muitos esforços de pesquisa importantes. Soluções sustentáveis para o controle de pragas (principalmente o cascudinho – *Alphitobius diaperinus*) carreadoras de patógenos nas produções em sistemas tradicionais que permitem o contato das poedeiras com a cama aviária ainda é uma demanda a ser enfrentada.

É necessária também a melhoria da qualidade da casca do ovo (em função da automação na coleta e no manejo automatizado do ovo nos centros de processamento de ovos - CPO) quando da produção em escala. Embora a qualidade da casca tenha os efeitos da genética, um adequado estudo prolongado (cobrindo o atual e estendido período de produção de quase 90 a 100 semanas) sobre níveis nutricionais e características das fontes de cálcio e interações com fontes de vitamina D e outros minerais é necessário. A casca contém 95% do seu peso em carbonato de cálcio. Essa pesquisa, além de se reportar à redução de perdas (que podem variar desde 6 a até 12% da produção em casos extremos, que combinam ambiente hostil, nutrição inadequada e genética fraca) também incorpora as questões de qualidade do ovo e do bem-estar das poedeiras devido à direta relação do metabolismo de cálcio com a resistência óssea das aves.

Ainda existem lacunas em pesquisa para uma abordagem completa sobre resíduos gerados em incubatórios. Em função da relevância econômica e social da atividade, as avaliações relativas aos custos de produção nas diferentes regiões e diferentes sistemas também são necessárias. Estudos e análise crítica avaliando as dinâmicas dos principais clusters de produção (em São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco e outros) são imprescindíveis. O reconhecimento das realidades locais de cada cluster proporcionará uma visão mais lúcida sobre as ações de pesquisa e transferência necessárias (Ludke et al., 2019).

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16437**: avicultura: produção, classificação e identificação do ovo caipira, colonial ou capoeira. Rio de Janeiro: ABNT,2016. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2025**. São Paulo: ABPA, 2025. 128 p. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA.-Relatorio-Anual-2025.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025.

AMARAL, G.; GUIMARÃES, D.; NASCIMENTO, J.C.; CUSTÓDIO, S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial**: Agroindústria, 43, p. 167-207, 2016.

ÁVILA, V. S. de. **Orientações técnicas para implantação de programas de luz para poedeiras alojadas em piso**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 11 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 607).

ÁVILA, V. S. de; FIGUEIREDO, E. A. P. de; KRABBE, E. L.; DUARTE, S. C.; SAATKAMP, M. G. **Poedeira Embrapa 051** - guia de manejo das poedeiras coloniais de ovos castanhos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 10 p. Folheto.

ÁVILA, V. S. de; KRABBE, E. L.; CARON, L.; SAATKAMP, M. G.; SOARES, J. P. G. **Produção de ovos em sistemas de base ecológica**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 32 p. Cartilha.

ÁVILA, V. S. de; SOARES, J. P. G. (ed.). **Produção de ovos em sistema orgânico**. 2. ed. Rev e Ampl. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves; Seropédia: Embrapa Agrobiologia, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 8, de 17 de fevereiro de 2017. Altera dispositivos da Instrução Normativa SDA nº 10, de 11/04/2013 e revoga o Artigo 86, da Instrução Normativa SDA nº 20, de 21/10/2016. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 43, p. 32, 3 mar. 2017. Disponível em: https://www.iagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/IN-8-2017-pdf.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agripecuária. Instrução Normativa nº 17, de 7 de abril de 2006. Aprovar, no âmbito do Programa Nacional de Sanidade Avícola, o Plano Nacional de Prevenção da Influenza Aviária e de Controle e Prevenção da Doença de Newcastle em todo o território nacional, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 69, p. 6, 10 abr. 2006. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/imagens/INSTRUONORMATIVAN17DE7DEABRILDE2006.pdf/view. Acesso em: 29 abr. 2025.

DIANA, T. F.; CALDERANO, A. A.; TAVERNARI, F. de C.; ROSTAGNO, H. S.; TEIXEIRA, A. de O.; ALBINO, L. F. T. Age and calcium sources in laying hen feed affect calcium digestibility. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 11, p. 501-513, 2021. DOI: 10.4236/ojas.2021.113034.

DUARTE, S. C.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; VIOLA, T. H.; CÔRTES, V. A. C.; AVILA, V. S. de; BRITO, D. M. de; PEREIRA, V. L. de A.; VILLA, M. F. G.; WALTER, E. H. M. **Recomendações básicas de biosseguridade para pequena escala de produção avícola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 14 p. Folheto.

DUARTE, S. C.; JAENISCH, F. R. F.; HENN, J. D.; FORTES, F. B. B.; NONES, J. **Requisitos básicos de biosseguridade para granjas de postura comercial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. 29 p. Cartilha.

DUARTE, S. C.; GASPAR, L. F.; OLMOS, A. R.; FORTES, F. B. B. **10 procedimentos básicos para o controle de Salmonella em granjas de postura comercial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 20 p. Folheto.

HENN, J. D.; DUARTE, S. C.; LACERDA, T. S. R.; OLIVEIRA, D. D. de; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Telamento de aviários californianos da avicultura de postura comercial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 37 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 187).

IBGE. **Produção da pecuária municipal 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C.; CALDERANO, A.A.; ROSTAGNO, H. S.; BARROS, V. R. S. M.; MAIA, R. C. Digestible valine-to-digestible lysine ratios in brown commercial layer diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 4, p. 683-690, 2014. DOI: 10.3382/japr.2014-00984.

LUDKE, J. V.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; AVILA, V. S. de; MAZZUCO, H. **Alimentos e alimentação de galinhas poedeiras em sistemas orgânicos de produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 16 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 55).

LUDKE, J. V.; SILVA, J. L. A.; LUDKE, M. C. M. M.; IWATA, J. Os desafios tecnológicos da avicultura em Pernambuco. **A Revista do Ovo**, n. 53, ano 6, p. 18-27, 2019.

MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; ROSA, P. S.; AVILA, V. S. de; ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de. Embrapa e as pesquisas de apoio à produção de ovos. In: SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Ed.). **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 397-414.

MAZZUCO, H.; HENN, J. D.; JAENISCH, F. R. F.; ABREU, P. G. DE; MATTHIENSEN, A.; NICOLOSO, R. DA S.; DUARTE, S. C.; ÁVILA, V. S. DE; ROSA, P. S.; SANTOS FILHO, J. I. DOS; KLEIN, C. H.; HIGASHI, M. M. **Boas práticas na produção de ovos comerciais para poedeiras alojadas em gaiolas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 60 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 60).

MAZZUCO, H.; JAENISCH, F. R. F. Bem estar, saúde e higiene de poedeiras comerciais em diferentes sistemas de alojamento. In: WORKSHOP SOBRE SANIDADE E PRODUÇÃO DE OVOS, 2.; SEMANA MUNDIAL DO OVO, 2016, Eldorado do Sul. **Anais**... Eldorado do Sul: LSAIT, 2016.

MAZZUCO, H.; SILVA, I. J. O.; ABREU, P. G. Não basta mudar os sistemas de produção se as poedeiras morrem de calor. **Revista AveNews**, p. 7, 2019.

MATTHIENSEN, A.; SCHMIDT, N. S. Água na avicultura de postura. **Avicultura Industrial**, n. 9, p. 14 – 21, 2018.

PADOVAN JÚNIOR, A.; ALVES, O. H.; ALVES, A. F. Projeção da produção avícola de postura no Brasil de 2022 até 2030. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 21, n. 3, p. 1-20, 2023. DOI: 10.25070/rea.v21i.17064.

SAATKAMP, M. G.; AVILA, V. S. de. **Ninho adaptado para galinhas poedeiras**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 6 p.

SCHEUERMANN, G. N.; ROSA, P. S. **Ovo**: um alimento nutritivo, saudável e delicioso. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 6 p. 1 Folder.

SILVA, I. J. O. da; ABREU, P. G. de; MAZZUCO, H. Instalações para galinhas poedeiras e bem-estar animal. **Revista AviNews**, abril 2021.

SILVA, I. J. de O.; ABREU, P. G. de; MAZZUCO, H. **Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 40 p. 1 cartilha.

TALAMINI, D. J. D.; ROSA, P. S.; SANTOS FILHO, J. I. dos. Aves de postura. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 975-985.

TAVERNARI, F. C.; FIGUEIREDO, E.A.P.; MAZZUCO, H.; MIELE, M.; FEDDERN, V. Ovos. In: EMBRAPA. **Brasil em 50 alimentos**. Brasília, DF, 2023. p. 265-260.

VIEIRA, R.; LUDKE, M, C, M. M.; LUDKE, J. V.; LOPES, C. C.; OLIVEIRA, E. F.; SANTOS, A. C. A.; COLDEBELLA, A.; RABELLO, C. B. V. Effect of dietary zeolite supplementation on production, egg quality, ammonia volatilization, organ morphometry, and blood parameters in brown laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 25, p. 1-9, 2023. DOI: 10.1590/1806-9061-2023-1797.

Literatura recomendada

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed., 1. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/publicacoes-para-promocao-a-saude/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf/view. Acesso em: 29 abr. 2025.

CAPÍTULO 17

Estudos sobre economia em suínos e aves

Dirceu João Duarte Talamini, Marcelo Miele, Franco Müller Martins e Ari Jarbas Sandi

Estudos sobre economia em suínos e aves | 1975 - 2010

Os estudos em economia tiveram início em 1978, quando a Embrapa Suínos e Aves realizou um trabalho de acompanhamento de dados contábeis, índices técnicos e sistemas de produção em diversas propriedades. A Unidade participou ainda do Levantamento Agropecuário Catarinense, efetuado em 2002/2003 e liderado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Em 1978, surgiram também os primeiros trabalhos com custos de produção de suínos. A primeira publicação da metodologia de custo de produção de suínos foi em 1980 e posteriormente atualizada nos anos de 1989 e 2000.

No intuito de agilizar o processo de cálculo do custo de produção, a Unidade desenvolveu em 1993 o Suicalc, com linguagem Clipper Summer e ambiente MS-DOS. A atualização do software ocorreu em 2005. Esta versão foi adaptada para o Sistema operacional Windows 98. O ATEPROS, voltado ao gerenciamento de propriedades produtoras de suínos, foi lançado em 1990, com atualizações em 1996 e 2001. Os relatórios permitiam acompanhar o fluxo financeiro e o desempenho produtivo da atividade.

Em 2005, em parceria com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a Unidade passou calcular e publicar mensalmente os custos de produção de suínos e frangos em 11 estados do Brasil. Este trabalho abrangeu os três estados da região Sul, os três do Centro-Oeste e ainda São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco e Ceará. A equipe de socioeconomia também passou a apoiar com metodologia e orientação técnica as discussões envolvendo associações de representação de produtores, agroindústrias e cooperativas no mesmo ano.

Avaliação de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa

A tarefa de avaliar tecnologias é necessária em momentos distintos no ciclo de pesquisa, atribuição da equipe de socioeconomia. A análise *ex-ante* de custos e impactos associados a tecnologias em desenvolvimento acontece por meio do apoio aos projetos desenvolvidos e avaliação de novos projetos. A *ex-post* foca nos resultados entregues. Em 2003, a Unidade passou também a avaliar os impactos sociais das tecnologias que disponibiliza.

Estudos estratégicos sobre mercado e competitividade

O grupo de pesquisadores da área de socioeconomia desenvolveu ainda estudos nas áreas de mercados, competitividade e políticas públicas. Essas

ações foram importantes para subsidiar programas públicos e outras iniciativas. Em relação à competitividade internacional das cadeias produtivas de suínos, mereceu destaque a participação da Embrapa na rede de pesquisa chamada InterPIG, um grupo internacional de economistas dos países mais importantes na produção de suínos: Inglaterra, Áustria, Bélgica, Brasil, Canadá, Dinamarca, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, Suécia e Estados Unidos. O objetivo desse grupo é a troca de informações em relação à produção dos países representados, além de determinar parâmetros que permitam a comparação do custo de produção entre eles.

"A **CIAS** passou, a partir de 2009, a disponibilizar na internet informações consideradas de importância para as cadeias produtivas de suínos e aves."

Outro trabalho foi o levantamento sistemático da produção e abate de suínos (LSPS), fruto de uma parceria entre a Embrapa Suínos e Aves e a Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína (Abipecs). O foco foi a geração de dados e informações acerca da produção atual e futura, fundamentais para auxiliar o planejamento dos diversos agentes que compõem a cadeia produtiva da carne suína no Brasil.

Ação importante também foi a criação da Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) que iniciou com um projeto de pesquisa em 2009 e teve seu lançamento em 2011. Nesta central estão disponibilizadas informações geradas ou não pela Embrapa Suínos e Aves, consideradas de importância para as cadeias produtivas.

A Embrapa Suínos e Aves contribuiu ainda com estudos envolvendo a agricultura familiar, como os trabalhos sobre o uso da administração rural como instrumento de transferência de tecnologia e geração de renda para a agricultura familiar, a sustentabilidade ambiental da suinocultura familiar catarinense, formas alternativas de organização da produção de frangos em assentamentos rurais e potencialidades do espaço rural como base para atividades culturais, lazer e turismo.

Estudos sobre economia em suínos e aves

No período de 2010 a 2025, a equipe de socioeconomia da Embrapa Suínos e Aves desenvolveu estudos e pesquisas abrangendo temas como desempenho produtivo e comercial, organização e impacto socioeconômico das cadeias produtivas, custos de produção, competitividade internacional e a análise de viabilidade e do impacto das pesquisas e tecnologias desenvolvidas na Unidade. Foram contribuições consideradas relevantes e estratégicas para a suinocultura e avicultura e que atendem os diversos elos das cadeias.

Contribuição no desenvolvimento dos municípios

Um estudo que se destacou neste período foi sobre a contribuição da avicultura e da suinocultura no desenvolvimento dos municípios brasileiros (Figura 17.1), que demonstrou uma correlação espacial positiva entre o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e o emprego na produção e abate de suínos e aves nesses territórios (Santos Filho et al., 2015a). O índice Firjan é elaborado pela Federação da Indústria do Rio de Janeiro (Firjan) para todos os municípios do Brasil e considera dados de emprego, renda, educação e saúde.

Os resultados confirmaram que as atividades de produção, abate e processamento de suínos e frangos são importantes para melhorar os indicadores econômicos e para o desenvolvimento regional. Os municípios na cor vermelha

apresentaram alto índice de desenvolvimento humano e a presença das cadeias produtivas de suínos e aves, sendo alguns bem posicionados no ranking estadual e nacional nos quais essas atividades estão presentes. Um exemplo é o município de Concórdia, Santa Catarina, que na época do estudo ocupava a primeira posição no IFDM no estado e a oitava no Brasil. Também foi destacado que os benefícios sociais da avicultura e da suinocultura não se limitam aos empregos e à renda gerados nos municípios onde ocorre a produção, tendo em vista que essas atividades impactam outros setores, como serviços, transporte e comércio, sendo motrizes de desenvolvimento para regiões inteiras ou estados (Santos Filho et al., 2015a).

Outra contribuição foi o estudo sobre as causas da inflação nos preços das carnes, dos produtos alimentares e da agricultura brasileira no período de 1996 a 2016 (Santos Filho et al., 2022), destacando a maior elevação dos preços dos itens da alimentação do que os da economia em geral medida pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE) nos dez anos, entre 2007 e 2016. O estudo revelou que esta elevação não foi percebida pela população devido às

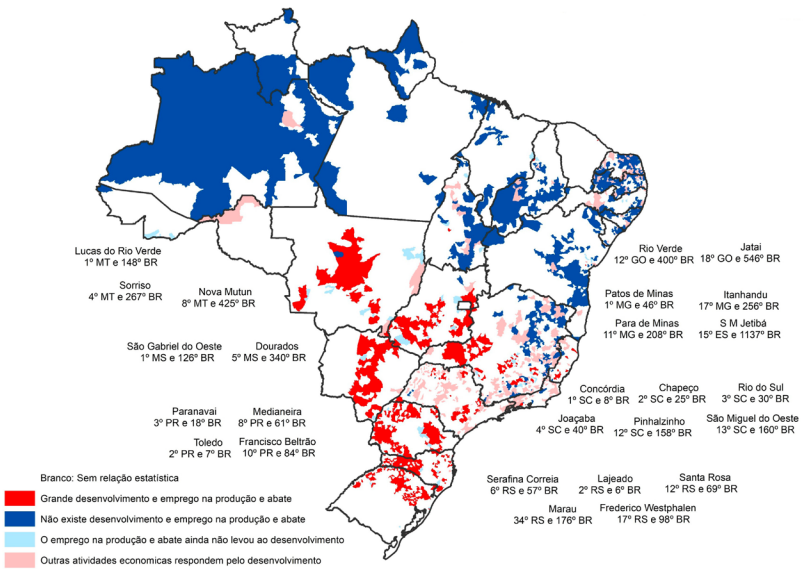

Figura 17.1. Relação espacial entre o índice Firjan de desenvolvimento e o emprego na produção e abate de frangos e suínos nos municípios brasileiros, 2016.
Fonte: Adaptado de Santos Filho et al. (2015a).

políticas públicas de aumento real do salário mínimo e das aposentadorias e de programas de transferência direta e condicionada de renda, como o Bolsa Família. Outra revelação foi a de que a expansão da demanda causada pelo aumento do consumo doméstico e das importações da China não foi acompanhada por ganhos de produtividade, causando a elevação dos preços dos alimentos.

A publicação denominada Poupa Terra, editada pela Embrapa em 2021, tratou do efeito dos avanços tecnológicos obtidos nas cadeias de frangos de corte e de suínos nas últimas décadas, traduzidos em ganhos de conversão alimentar. Este índice zootécnico, equivalente à quantidade de ração que um animal consome para cada quilo de peso que ganha, é uma síntese dos ganhos tecnológicos alcançados em diversas áreas, como genética, nutrição, sanidade, manejo e ambiência. Como os frangos e os suínos consomem grandes quantidades de milho e de farelo de soja em suas dietas, absorvendo boa parte da produção brasileira desses cereais, quanto melhor for a relação entre a ração consumida e o ganho de peso, menor será a demanda por expansão de áreas agrícolas. Desde os anos 1970, empresas, produtores, órgãos de governo e instituições de pesquisa, como a Embrapa, atuaram em sinergia para desenvolver soluções nacionais ou adaptar novidades obtidas em outras partes do mundo para a realidade local (Talamini et al., 2014). Estimou-se que o esforço conjunto permitiu que fossem poupados 2,5 milhões de hectares na produção de milho e soja, correspondendo a 4,6% da área que essas culturas ocupavam na safra 2020/2021 no Brasil (Talamini; Vilas-Boas, 2021).

Estudos sobre a organização das cadeias produtivas

Os pesquisadores da Embrapa também desenvolveram estudos sobre contratos e mecanismos de coordenação utilizados para organizar a produção e as relações entre agroindústrias e produtores. Miele (2013) abordou as estratégias predominantes de fornecimento das principais empresas e cooperativas brasileiras de carne de frango e suína, baseadas na coordenação por meio de contratos. O modelo de organização é denominado pelos profissionais como "integração", no qual o produtor está vinculado a um abatedouro que, na maioria dos casos, também coordena a produção de ração e outras atividades a montante.

Essa característica do desenvolvimento da agroindústria brasileira de carnes também foi abordada do ponto de vista das opções estratégicas dos pequenos produtores de suínos do Oeste catarinense no início do século XXI (Miele; Miranda, 2013) e do ponto de vista dos impactos da infraestrutura de transporte na competitividade e nas emissões de gases de efeito estufa das exportações brasileiras de carne suína (Miele et al., 2013) e da logística nas cadeias produtivas de aves e suínos (Santos Filho et al., 2018).

Martins et al. (2017a; 2017b) analisaram os mecanismos de coordenação utilizados para organizar a produção de suínos no Brasil. Esta análise constatou que, embora o sistema de integração seja visto, em geral, como um esquema homogêneo de organização, os compradores (ex.: cooperativas, empresas) utilizam uma grande diversidade de mecanismos de coordenação para atender um conjunto relativamente homogêneo de padrões de qualidade. Essa diversidade em coordenação refere-se a diferenças em aspectos como critérios de remuneração, responsabilidade sobre fornecimento de insumos e/ou animais, adesão a programas de qualidade, requisitos de investimentos. Estes resultados indicam que uma maior padronização nos esquemas de coordenação pode impactar em economias em custos de transação e produção. Competição entre compradores, nível de organização entre produtores, flutuações de mercado, implementação de programas de qualidade e o ambiente da transação (ex.: empresa ou cooperativa) foram identificados como fatores determinantes na escolha de mecanismos utilizados nos contratos.

Martins et al. (2019) examinaram como as relações verticais entre produtores e compradores (caracterizadas pela qualidade do relacionamento e o intercâmbio de informações) e a interação entre produtores influenciam o desempenho da produção de suínos. Observou-se que melhorias na interação entre os produtores, facilitadas pelas associações de suinocultores, afetam positivamente a qualidade do relacionamento e a troca de informações com os compradores reduzem os custos de transação e melhoram o desempenho técnico e econômico da produção. Ainda neste contexto, Martins et al. (2021) demonstraram como o suporte técnico e administrativo dos compradores melhora o desempenho e a capacidade de investimento dos produtores. Esses estudos produziram subsídios importantes para tomadas de decisão em contextos específicos de transação (ex.: produção coordenada por empresas, cooperativas e produtores independentes) e associações de produtores.

Por fim, Sandi (2021) estimou o impacto da adoção de instrumentos de proteção ao risco de preços sobre o desempenho econômico de suinocultores independentes, apontando para a importância da proteção ao risco a partir da aquisição de insumos nas épocas de maior oferta e menores preços e constituição de estoques nas granjas em comparação com outros instrumentos. Também foram realizados estudos sobre inovação, para entender como os setores de suínos e aves se desenvolveram tecnologicamente ao longo do tempo, analisando como estruturas de fronteira, que promovem a ligação entre ciência, política pública e iniciativa privada (caso da Embrapa), participaram de transformações importantes na suinocultura e avicultura a partir dos anos 1980 (Vilas-Boas et al., 2022b). Também foram publicados trabalhos sobre como a implantação de padrões internacionais de bem-estar animal provocaram mudanças tecnológicas na

suinocultura brasileira (Vilas-Boas et al., 2022a). Outra contribuição importante analisou como a Embrapa Suínos e Aves traduziu tecnologias importadas para o contexto brasileiro nos anos 1980 e 1990, acelerando o desenvolvimento da produção de suínos no país (Vilas-Boas et al., 2024).

Diversos modelos de instalações utilizados na produção de frangos foram analisados com estimativas do custo total de produção e identificação dos custos da indústria e do produtor (Trentin et al., 2024). Buscou-se também verificar se a rentabilidade e o pagamento ao produtor integrado que equaliza o custo de produção das integradoras garantem aos produtores mais eficientes maior rentabilidade sobre o capital investido. Constatou-se que os sistemas tecnológicos representados pelos diferentes tipos de instalações e equipamentos afetaram o custo de produção da agroindústria e do produtor. Os sistemas mais modernos melhoram os coeficientes técnicos, proporcionam o decréscimo do custo total de produção e maiores receitas para os produtores e para a indústria. Verificou-se, também, que ocorria uma transferência de renda das unidades de produção com melhor tecnologia e mais eficientes para as unidades de produção de menor tecnologia e pior desempenho. Se os produtores recebessem um pagamento com base nessa variável, aqueles com melhor padrão tecnológico receberiam valores maiores, enquanto os com padrão tecnológico inferior receberiam receitas menores que as observadas.

Além dos impactos das inovações tecnológicas, foram estimados os custos dos avicultores e suinocultores para obter a conformidade com a legislação nas áreas de meio ambiente, bem-estar animal e segurança alimentar (Menghi et al., 2014). O estudo realizado em conjunto com instituições de outros países apontou que as granjas europeias de suínos e frangos de corte são as mais afetadas pela legislação em todos os três campos de políticas públicas. Para elas, os custos da conformidade variaram entre 5 e 10% dos custos de produção, em comparação com 3% no Brasil e na Tailândia, e insignificantes na suinocultura dos Estados Unidos (país para o qual não foram feitas estimativas em aves). Também eram superiores aos custos de adequação em outras cadeias produtivas, como leite e carnes bovina e ovina. Apesar disso, concluiu-se à época que a autossuficiência da UE na produção de suínos e frangos de corte não diminuiu com a introdução dessas legislações, tendo em vista que os custos de conformidade eram baixos quando comparados aos custos totais de produção.

Análise econômica dos resultados de P&D e tecnologias

Outra contribuição da área de socioeconomia é a avaliação econômica das tecnologias geradas pela Unidade. É realizada tanto na fase da elaboração dos projetos de pesquisa, ou ex-ante, analisando impactos potenciais das tecnologias

a serem desenvolvidas em termos de custos, benefícios e melhorias na produtividade entre outros, quanto na fase de difusão das tecnologias obtidas, ou ex-post, avaliando suas contribuições e o nível de sua adoção pelo setor produtivo. A cada ano, são definidas as tecnologias a serem avaliadas, as quais podem permanecer em avaliação por vários anos.

Na área ambiental, Martins e Oliveira (2011) analisaram a viabilidade econômica do uso do biogás da suinocultura como fonte alternativa para a geração de energia elétrica. O trabalho também indicou parâmetros técnicos como volume de biodigestores, demanda por energia elétrica, tamanho de rebanho e volume de biomassa, e aspectos econômicos como investimentos, custos de manutenção e operação e receitas que determinam a viabilidade econômica do uso desta tecnologia. Em complemento à análise do potencial da geração de biogás, foram feitas estimativas dos custos de transporte e distribuição de dejetos (Sandi et al., 2011), as quais serviram de linha de base para realizar análises econômicas e de viabilidade das rotas de tratamento dos efluentes da suinocultura como a compostagem e os sistemas de tratamento para remoção de nutrientes e lançamento nos corpos d'água (Santos Filho et al., 2015; Miele et al., 2021). Além disso, foram estimados os custos do tratamento de carcaças de animais mortos não abatidos em granjas de aves e suínos, considerando tecnologias geradas ou validadas pela Unidade (Sandi, 2023).

Estudos realizados sobre a competitividade das cadeias produtivas de suínos e aves revelaram fragilidades para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina devido ao déficit no suprimento de cereais, em especial do milho, principal fonte de energia das rações (Santos Filho et al., 2016). Constatou-se que vastas áreas são cultivadas no verão com milho e soja e não são plantadas no inverno com os cereais da estação (trigo, triticale, cevada, entre outros) para a alimentação animal. As pesquisas envolveram a Embrapa Trigo, na obtenção de novas cultivares, e a Embrapa Suínos e Aves, nos estudos da digestibilidade e da viabilidade técnica e econômica de inclusão destes cereais nas rações.

A viabilidade da inclusão baseou-se na formulação de rações de custo mínimo, com preços do milho, trigo e triticale no atacado. Para suínos, o preço que pode ser pago pelo trigo depende do seu conteúdo de proteína e energia e do tipo de ração. O triticale entra nas rações de alta energia com preço menor que o do milho e nas de baixa energia com preço até 14% maior. Para frangos, o trigo e o triticale, devido aos seus baixos teores de energia e à alta demanda deste item pelos animais, só entram nas rações com preço inferior ao do milho (Bertol et al., 2019). Os resultados sugerem o estímulo da produção do trigo, com cultivares de bom Valor de Cultivo e Uso (VCU), baixo custo de produção, boa qualidade nutricional e maior teor de proteína.

Outra contribuição no âmbito de estudos sobre resultados de P&D foi a análise dos impactos da adoção de procedimentos de inspeção baseada em risco nos abates de suínos e frangos no Brasil, desenvolvidos em pesquisas lideradas pela equipe de sanidade animal da Unidade. Os novos procedimentos de inspeção para o abate de suínos e de frangos foram regulamentados, respectivamente, através da Instrução Normativa nº 79/2018 ((Brasil, 2018) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e da Portaria nº 736/2022 (Brasil, 2022).

A análise de impacto dos procedimentos no abate de suínos foi baseada em resultados de testes-piloto, entrevistas com usuários e auditores fiscais do Mapa e levantamento sobre estrutura, processos e recursos humanos utilizados nos procedimentos do serviço de inspeção federal nos abatedouros (Martins et al., 2020; Martins et al., 2022). A equipe utilizou abordagem semelhante para analisar os impactos dos procedimentos nos abates de frangos (Caron et al., 2024). Em ambos os casos, verificou-se que a inspeção baseada em risco melhora a eficiência dos processos e a alocação de recursos humanos, permitindo que veterinários e agentes de inspeção mantenham foco em procedimentos que controlam os perigos biológicos mais críticos para a saúde pública e em auditorias sobre autocontroles realizados pelos estabelecimentos. Para as agroindústrias, há melhorias na gestão da qualidade, redução de perdas por condenação e redução na quantidade de funcionários cedidos para auxiliar o serviço oficial de inspeção oficial. Mais informações podem ser obtidas nos Capítulos 8 e 13.

Por fim, tendo em vista que a equipe de nutrição da Embrapa Suínos e Aves, desde a década de 1990, elabora laudos técnicos para a conversão de insumos em produtos a serem exportados, Talamini et al. (2015) estimaram a contribuição do regime de drawback para a sustentabilidade das cadeias produtivas de frangos e de suínos do Brasil. Esses dados são disponibilizados na Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) e visam apoiar os exportadores na utilização deste regime aduaneiro especial, aceito pela Organização Mundial do Comércio (OMC), importante política pública de incentivo às exportações. O fundamento desta política é a de não exportar impostos, reduzindo os custos dos produtos exportados pela isenção ou suspensão dos tributos incidentes nos insumos importados ou adquiridos no mercado interno, usados na produção dos bens exportados e melhorando a capacidade de competição internacional dos produtos brasileiros.

Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS)

A Central de Inteligência de Aves e Suínos[1] (CIAS) é resultado de um projeto de pesquisa iniciado em 2009 e concluído em 2011 com o objetivo de

[1] embrapa.br/suinos-e-aves/cias

disponibilizar na página eletrônica da Unidade informações relevantes, fáceis de serem acessadas e utilizadas. Sua principal contribuição é a publicação mensal do custo de produção de aves e de suínos e dos respectivos Índice do Custo de Produção (ICP), que mostram a sua evolução no tempo.

As estimativas dos custos de produção de frangos abrangem Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina e estão disponíveis para o período de 2010 a 2025, e os custos de produção de suínos abrangem esses três estados da região Sul, além de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, e estão disponíveis para o período de 2006 a 2025. A metodologia empregada é amplamente utilizada pelas principais instituições no Brasil e no mundo e envolve o custeio da atividade e também os custos com depreciação e de capital (Miele et al., 2010a; Santos Filho; Talamini, 2014; Talamini et al., 2024), com atualização periódica dos coeficientes técnicos de produção. A seção de custos é fruto de parcerias da Embrapa Suínos e Aves com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea), a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), cooperativas e produtores. Além disso, conta com o apoio das associações estaduais de criadores de suínos nos estados onde são feitas as estimativas.

Outra relevante contribuição da economia foram as publicações sobre metodologia para o cálculo dos custos de produção de frangos, suínos e perus, segregando a participação das agroindústrias e cooperativas integradoras e dos produtores integrados (Talamini; Santos Filho, 2020; Miele; Fischer, 2021; Talamini et al., 2024). Também foram realizadas inúmeras reuniões e painéis envolvendo os dois principais elos dessas cadeias produtivas visando caracterizar a produção de aves e suínos e alinhar critérios para o cálculo dos custos de produção.

Estas ações contribuíram para a redução da assimetria de informação entre produtores, agroindústrias e cooperativas e a redução de conflitos. Dessas reuniões, resultaram a publicação do custo de produção do produtor de suínos, frangos e perus em diversos estados (Miele et al., 2010b; Santos Filho et al., 2011; Martins et al., 2012). Um marco institucional relacionado a esses estudos foi a aprovação da Lei da Integração nº 13.288/2016, que trata sobre os contratos de integração, obrigações e responsabilidades nas relações contratuais entre produtores integrados e integradores.

No âmbito da CIAS, também são divulgados os custos de produção de suínos dos países que participam da rede InterPIG[2], com informações que permitem a comparação entre esses países e dois estados brasileiros, Santa Catarina e Mato Grosso, para o período de 2008 a 2023. Além disso, a equipe da Embrapa contribuiu para a comparação dos custos de produção de frangos de corte no Brasil com outros países produtores na Europa e os Estados Unidos no âmbito de estudos coordenados pelo Instituto de Pesquisa em Economia da Universidade

[2] www.interpig.org

de Wageningen, da Holanda, com estimativas divulgadas por aquele instituto para os anos de 2013, 2015, 2017, 2021 e 2023 (Van Horne, 2018).

A seção de estatísticas disponível na CIAS apresenta infográficos com os principais indicadores das cadeias produtivas de aves e suínos, como abates e produção, exportações, disponibilidade no mercado interno e consumo per capita. Também estão disponíveis gráficos com a série histórica dos últimos 10 anos para esses indicadores, além da evolução do rebanho, da participação do Brasil no cenário internacional, do valor bruto da produção e do número de empregos formais, bem como da participação dos principais países produtores, exportadores e importadores de ovos e carnes de frango e suína. No âmbito das estatísticas, destacam-se as análises sobre suinocultura e avicultura com base nos dados dos Censos Agropecuário de 2006 e 2017 (Miele; Almeida, 2023).

A equipe de socioeconomia da Unidade também desenvolve análises conjunturais sobre as cadeias produtivas da avicultura e da suinocultura a partir dos dados e informações organizados na CIAS, tratando da evolução da produção, do consumo e das exportações e procurando inferir sobre as tendências e fatos relevantes. São publicações disponibilizadas em anuários de revistas especializadas, bem como inserções de informações técnicas e econômicas em outros canais das mídias voltadas à agropecuária.

Ferramentas para diversos públicos de interesse

A equipe de socioeconomia da Embrapa Suínos e Aves também realizou treinamentos e desenvolveu material didático para a capacitação de agentes multiplicadores e para a difusão dos conhecimentos gerados no âmbito das pesquisas. Foram produzidas cartilhas e orientações metodológicas em custos de produção de frangos e de suínos (Talamini; Santos Filho, 2020; Miele; Fischer, 2021; Talamini et al., 2024) e no uso de modelo multicritério para avaliação potencial de negócios tecnológicos na agricultura (Martins et al., 2011). Além disso, foi disponibilizado um curso gratuito autoinstrucional na plataforma e-Campo[3] voltada às capacitações on-line da Embrapa com o objetivo de capacitar produtores e agentes da assistência técnica e extensão rural sobre custos de produção e outros indicadores de desempenho econômico e financeiro.

Em complemento às metodologias e materiais didáticos, foram desenvolvidas ferramentas[4] que estão disponíveis ao público também de forma gratuita no portal da CIAS. A planilha com o cálculo simplificado do custo de produção do integrado de suínos e de frangos de corte e sua versão em software que é o

[3] https://e-campo.sede.embrapa.br/
[4] www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/ferramentas

aplicativo Custo Fácil, disponível para celulares Android, são ferramentas simples para ajudar produtores integrados e a assistência técnica na gestão da granja. Através deles é possível organizar os dados e gerar as informações necessárias para estimar o custo de produção, a rentabilidade e a geração de caixa dos integrados na produção de frangos e suínos. Também foi desenvolvida uma planilha eletrônica mais completa para estimar os custos em reuniões de painel, voltada para associações, instituições de pesquisa e universidades, abrangendo tanto os custos dos produtores, quanto das agroindústrias e cooperativas, visando sobretudo gerar informações para apoio à formulação de políticas públicas e estratégias setoriais. Por fim, em complemento aos laudos técnicos para a conversão de insumos em produtos prontos que serão exportados no âmbito das ações de apoio ao regime de drawback, foram disponibilizadas desde 2008 na CIAS planilhas interativas, que consideram insumos substitutos e evitam a sua sobreposição. O objetivo é facilitar e contribuir para a ampliação da utilização do drawback pelas empresas exportadoras de produtos da avicultura e da suinocultura brasileiras, tendo em vista sua baixa utilização em comparação com outros setores.

Referências

BERTOL, T. M., SANTOS FILHO, J. I. DOS; LUDKE, J. L.; TALAMINI, D. J. D. **Determinação da equivalência trigo, triticale e milho na formulação de rações para suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 20 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 566).

BRASIL . Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 79 de 14 de dezembro de 2018. Aprova os procedimentos de inspeção ante e post mortem de suínos com base em risco. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 241, p. 4-7, 17 dez. 2018. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_79-2018_inspe%C3%A7%C3%A3o_ante_e_post_mortem_em_su%C3%ADnos.pdf. Acesso em: 7 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 736, de 29 de dezembro de 2022. Aprova os procedimentos para a adesão dos abatedouros frigoríficos registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ao Sistema de Inspeção com Base em Risco aplicável aos frangos de corte. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 246, p. 25, 30 dez. 2022a. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-sda-n-736-de-29-de-dezembro-de-2022-454816449. Acesso em: 1 abr. 2025.

CARON, L.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; KINDLEIN, L.; DUARTE, S. C. (ed.). **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de frango de corte - inspeção baseada em risco: opinião científica**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 247 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 245).

MARTINS, F. M.; BELARMINO, L. C.; SLUSZZ, T.; MONTICELLI, C. J.; MIELE, M.; SANDI, A. J. Modelo multicritério para avaliação potencial de negócios tecnológicos na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 189-222, 2011.

MARTINS, F. M.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R. KICH, J. D.; HENN, J. D.; SILVEIRA, R. H. da. **Características estruturais e os processos da Inspeção Federal em abatedouros de suínos no Brasil frente à proposta de implementação de procedimentos baseados em risco**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020, 30 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 218).

MARTINS, F. M.; COLDEBELLA, A.; HENN, J. D.; SILVEIRA, R. H. da; ALBUQUERQUE, E. R.; KICH, J. D. Impactos da inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 2, abr./maio/jun. 2022. p. 105-116.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000300008.

MARTINS, F. M.; SANDI, A. J.; ÁVILA, V. S. de; SANTOS FILHO, J. I. dos. Turkey production costs in Santa Catarina state Brazil. In: WORLD´S POULTRY CONGRESS, 24., 2012, Salvador. **Abstract**... Salvador: WSPA, 2012.

MARTINS, F. M.; TRIENEKENS, J.; OMTA, O. Differences in quality governance: the case of the Brazilian pork chain. **British Food Journal**, v. 119, n. 12, 2017a. DOI: 10.1108/BFJ-09-2016-0418.

MARTINS, F. M.; TRIENEKENS, J.; OMTA, O. Impact of buyers' support on farmer performance and investments in the Brazilian pork supply chain. **International Food and Agribusiness Management Review**, 2021. DOI: 10.22434/IFAMR2020.0124.

MARTINS, F. M.; TRIENEKENS, J.; OMTA, O. Implications of horizontal and vertical relationships on farmers performance in the Brazilian pork industry. **Livestock Science**, v. 228, p. 161-169, 2019. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.08.013.

MARTINS, F. M.; TRINEKENS, J.; OMTA, O. Governance structures and coordination mechanisms in the Brazilian pork chain: diversity of arrangements to support the supply of piglets. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 20, n. 4, p. 511, 532, 2017a. DOI: 10.22434/IFAMR2016.0064.

MENGHI, A.; ROST, K de.; DEMARIA, P.; PORCELLUZZI, A.; DEBLITZ, C.; VON DAVIER, Z.; WILDEGGER, B. ; WITTE, T.; STROHM, K.; GARMING, H.; DIRKSMEYER, W.; ZIMMER, Y. **Assessing farmers' costs of compliance with EU legislation in the fields of environment, animal welfare and food safety**. [S.L.]: European Commission, 2014. Draft final report. Disponível em: https://www.thuenen.de/media/institute/bw/Projekte/1517_Umwelt-_und_Tierschutz_-_zu_teuer_fuer_Erzeuger/1517_EU_Project_Final_Report_20-12-2013_small.pdf. Acesso em: 9 abr. 2025.

MIELE, M. Contracts in Brazilian pork and poultry meat chains: implications for measuring agricultural statistics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL STATISTICS, 6., 2013, Rio de Janeiro. **Anais**...Rio de Janeiro: International Statistical Institute, 2013.

MIELE, M.; ALMEIDA, M. M. T. B. **Caracterização da avicultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 48 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 241).

MIELE, M.; FISCHER, A. **Custo de produção, geração de caixa e retorno sobre o investimento**: uso de indicadores simplificados na integração em suínos e aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021, 17 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 544).

MIELE, M.; KUNZ, A.; RAMME, M. A.; ANTES, F. G.; BARROS, E. C.; STEINMETZ, R. L. R. Custos e receitas do tratamento e reuso de efluentes da suinocultura. In: PALHARES, J. C. P. (ed.). **Produção animal e recursos hídricos**: uso da água nas dimensões quantitativa e qualitativa e cenários regulatórios e de consumo. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 269-295.

MIELE, M.; MARTINS, F. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; SANDI, A. J. **Metodologia para o cálculo do custo de produção de frango de corte** - versão 2. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010a. 26 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 140).

MIELE, M.; MIRANDA, C. R. de. O desenvolvimento da agroindústria brasileira de carnes e as opções estratégicas dos pequenos produtores de suínos do Oeste Catarinense no início do século 21. In: **A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro**: ganhar tempo é possível?. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2013. p. 201-229.

MIELE, M.; SANDI, A. J.; KUNZ, A.; HENN, J. D. Impactos da infraestrutura de transporte na competitividade e nas emissões de gases de efeito estufa das exportações brasileiras de carne suína. In: TORRES, D. A. P.; LIMA FILHO, J. R. de; BELARMINO, L. C. (ed.). **Competitividade de cadeias agroindustriais brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 15-67.

MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; MARTINS, F. M.; SANDI, A. J. **Consolidação do custo do avicultor para a produção de frango de corte em Santa Catarina, ano 2010**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010b. 5 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 480).

SANDI, A. J. **Custo do tratamento de animais mortos não abatidos em granjas de aves e suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 604).

SANDI, A. J. Impacto da adoção de instrumentos de proteção ao risco de preços sobre o desempenho econômico de suinocultores independentes. **Revista do SuiSite**: o portal da suinocultura, n. 1, ano 1, p. 42-49, set. 2021.

SANDI, A. J.; SANTOS FILHO, J. I. DOS; MIELE, M.; MARTINS, F. M. Levantamento do custo de transporte e distribuição de dejetos de suínos: um estudo de caso das associações de produtores dos municípios do Alto Uruguai Catarinense. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém, PA. **Anais**... Belém: UFRA, 2011.

SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; CARON, L.; TALAMINI, D. J. D. Avicultura e suinocultura como fontes de desenvolvimento dos municípios brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA E SUINOCULTURA – SIAVS, 2015, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABPA, 2015a. p. 427-430.

SANTOS FILHO, J. I. dos; MARTINS, F. M.; MIELE, M.; SANDI, A. J. **Consolidação do custo do suinocultor para a produção de suínos em sistema de parceira em Santa Catarina, ano 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 6 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 497).

SANTOS FILHO, J. I. dos; OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M.; SULENTA, M.; HENN, J. D. Viabilidade econômica da unidade de compostagem de dejetos suínos em Santa Catarina. In: DREGER, I.; COELHO, G. C. (org.). **Resíduos orgânicos e biogás**: manejo ambiental e sustentabilidade. Chapecó: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2015b. p. 163-174. ISBN 978-85-64905-21-4.

SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J. C. Custo de produção de frangos: teoria, prática e implicações. In: MACARI, M.; MENDES. A. A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. de A. **Produção de frangos de corte**. 2. ed. Campinas: FACTA, 2014. p. 495-516. 22 p.

SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Impacto da logística brasileira nas cadeias produtivas de aves e suínos. **Revista de Política Agrícola**, ano 27, n. 1, p. 48-64, 2018.

SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N. BERTOL, T. M. O preço do milho no mercado interno e a sua relação com o preço internacional nos últimos 10 anos. In: CONGRESSO E FEIRA BRASIL SUL DE AVICULTURA, SUINOCULTURA E LATICINIOS - AVISULAT, 5, 2016. Porto Alegre, RS. **Anais**... Porto Alegre, 2016.

SANTOS FILHO, J. I. dos; TALAMINI, D. J.; BERTOL, T. M.; SCHEUERMANN, G. N.; Analysis of food inflation in Brazil between 1996 and 2016. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 52, p.269-284, 2022. DOI: 10.3895/rts.v18n52.13190.

TALAMINI, D. J. D.; PINHEIRO, A. C. A.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **A contribuição da Embrapa na geração de novas tecnologias para suinocultura e avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 171).

TALAMINI, D. J. D.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **Critérios para o cálculo do custo operacional e da rentabilidade do produtor integrado de aves e de suínos no Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 65 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 213).

TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SILVA, R. A. da; SANTOS FILHO, J. I. dos Contribuição do drawback para a sustentabilidade da cadeia produtiva de frangos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA E SUINOCULTURA – SIAVS, 2015, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABPA, 2015. p. 435-438.

TALAMINI, D. J. D.; VILAS-BOAS, J. Avanço tecnológico e sustentável das cadeias de frangos de corte e de suínos. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (Ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 158-163.

TALAMINI, D. J. D; MOURA, A. D. de; CANEVER, M. D. Custo de Produção de Frangos - Teoria, prática e implicações. In: In: MENDES, A. A.; HUNKA, E.; GARCIA, R. G. **Produção de frangos de corte**. 3. Ed. Campinas: FACTA, 2024.

TRENTIN, A.; TALAMINI, D. J. D.; COLDEBELLA, A.; PEDROSO, A. C.; GOMES, T. M. A. Technical and economic performance favours fully automated climate control broiler housing. **British Poultry Science**, v. 66, n. 1, p. 63-70, 2024. DOI: 10.1080/00071668.2024.2394182.

VAN HORNE, P.L.M. **Competitiveness of the EU poultry meat sector, base year 2017**: international comparison of production costs. Wageningen: Wageningen Economic Research, 2018. 40 p. (Report 2018-116).

VILAS-BOAS, J., KLERKX, L.; LIE, R. Connecting science, policy, and practice in agri-food system transformation: The role of boundary infrastructures in the evolution of Brazilian pig production. **Journal of Rural Studies**, v. 89, p. 171-185, 2022b. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.11.025.

VILAS-BOAS, J., KLERKX, L.; LIE, R. Facilitating international animal welfare standards implementation in national contexts: The role of intermediaries in Brazilian pig production. **Journal of Rural Studies**, v. 90, p. 53-64, 2022a. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2022.01.012.

VILAS-BOAS, J., KLERKX, L.; LIE, R. The unpacking and repacking of agricultural innovation: Embrapa`s translation roles and positions in the introduction of the pyramid model and hybrid pigs in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 216, 103880, 2024. DOI: 10.1016/j.agsy.2024.103880.

CAPÍTULO 18

O valor estratégico do bem-estar na suinocultura moderna

Paulo Giovanni de Abreu, Gilberto Silber Schmidt e Osmar Antônio Dalla Costa

O valor estratégico do bem-estar na suinocultura moderna

O bem-estar animal na suinocultura tem se destacado como um tema de crescente relevância nos debates contemporâneos sobre produção animal. A compreensão e a provisão das necessidades fisiológicas e comportamentais dos suínos são cruciais para garantir sua qualidade de vida. Além do aspecto ético, a melhoria das práticas de manejo animal demonstra um impacto positivo na viabilidade econômica da produção. A crescente conscientização da sociedade sobre a importância do bem-estar animal tem exercido uma pressão significativa sobre o setor alimentício, impulsionando a adoção de práticas mais éticas e sustentáveis. No contexto internacional, o bem-estar animal tem se configurado como um fator crucial para o acesso a mercados globais, exigindo que os produtores demonstrem o cumprimento de padrões rigorosos de criação.

A demanda por produtos provenientes de sistemas de produção que garantam o bem-estar animal tem sido impulsionada tanto pela crescente preocupação dos consumidores quanto pela necessidade de as empresas demonstrarem responsabilidade social e ambiental. A garantia do bem-estar dos suínos está relacionada com a ambiência e funcionalidade das instalações, o manejo efetuado nas granjas, no transporte e no abate e com o sistema de alimentação utilizado. Esse estado de conforto é o que garante aos suínos as condições de ambientes adequadas para que os mesmos alcancem os indicadores técnicos esperados sem sofrimento.

O bem-estar dos suínos depende diretamente das condições de criação, transporte e abate, bem como da qualidade da alimentação. Um ambiente adequado e práticas de manejo corretas são essenciais para garantir a saúde e o bem-estar dos animais, resultando em melhor desempenho produtivo. Em relação à cadeia suinícola, o Brasil é o quarto maior produtor mundial e o quarto maior exportador de carne, sendo que o consumo per capita nacional é de 20 kg/hab e a produção destinada ao mercado externo é crescente (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2024). Nos últimos 15 anos, houve avanços significativos na cadeia produtiva de suínos, impulsionados por uma crescente demanda por alimentos produzidos de forma mais sustentável e com maior respeito ao bem-estar animal.

Desde a recomendação do comitê Farm Animal Welfare Committee (FAWC), em 2019, (Opinion [...], 2019), que o bem-estar dos animais deveria ser expresso pela sua qualidade de vida, sendo proposta uma classificação dessa qualidade de vida em "uma vida que não mereça ser vivida", "uma vida que mereça ser vivida" e "uma vida boa", várias implicações de bem-estar animal e tecnologias surgiram. Com a assinatura da Declaração de Cambridge sobre a consciência animal e da Declaração de Curitiba pelo Conselho Federal de Medicina Veterinária (Low *et al*.,2014), nas quais os seres humanos não são os únicos com estruturas neurológicas que geram consciência e os animais também são considerados seres sencientes (ou seja, seres com capacidade de sentir sensações e sentimentos de forma consciente), o setor produtivo da proteína animal começou a ter uma nova visão sobre os animais. Atualmente, o bem-estar animal passou a ser visto como um componente fundamental da sustentabilidade, juntamente com a preservação do meio ambiente e a eficiência econômica.

Demanda crescente em relação ao bem-estar dos suínos

Diante da crescente demanda por produtos provenientes de sistemas de produção mais sustentáveis e que respeitem o bem-estar animal, a Embrapa Suínos e Aves tem se destacado como um agente de transformação no setor. A instituição investe em pesquisas e desenvolvimentos que visam a criação de tecnologias inovadoras capazes de promover o bem-estar dos animais, sem comprometer a eficiência produtiva. A Embrapa atua de forma proativa para construir um futuro em que a produção de aves e suínos seja mais sustentável e humanitária, atendendo às demandas do mercado consumidor e contribuindo para o desenvolvimento de um setor mais competitivo

A Embrapa Suínos e Aves, manteve a partir de 2010 a estratégia de treinamentos dos motoristas envolvidos no transporte de suínos. A ação fez parte do programa de bem-estar animal da Unidade. Foram treinados mais de 180

motoristas ligados à Sadia, Perdigão, Cooperativa Central Aurora e Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copérdia).

Com a intenção de resgatar a sensibilidade das pessoas, enfatizando a importância de evitar o sofrimento desnecessário dos animais, a Unidade também participou do livro Abate Humanitário de Suínos, em parceria com a Sociedade Mundial de Proteção Animal (WSPA). Essa ação da Embrapa veio após a constatação da necessidade de elaborar e implantar o Programa Steps, que procurou proporcionar melhorias no bem-estar dos animais de produção. Embora o manejo dos suínos pareça algo simples, é necessário o conhecimento de como eles interagem com o ambiente e como as instalações e equipamentos podem proporcionar recursos que auxiliem o manejo calmo e eficiente, reduzindo o estresse tanto para as pessoas como para os animais.

A implantação de programas de bem-estar animal nas agroindústrias é uma ferramenta essencial para minimizar riscos, melhorar o ambiente de trabalho, incrementar a produtividade e atender às exigências de mercados internacionais e da legislação brasileira. Além de reduzir as perdas de qualidade do produto final, contribui para diminuir a ocorrência de hematomas, contusões e lesões (Ludtke et al., 2010). Neste sentido, a Embrapa Suínos e Aves realizou um estudo para comparar os efeitos do sexo (machos castrados cirurgicamente e imunocastrados) e diferentes níveis de ractopamina, com o intuito de avaliar o impacto dessas variáveis sobre o bem-estar animal, o desempenho produtivo e a qualidade da carne. A castração, prática de manejo necessária para controlar o "odor de macho inteiro", é estressante para o animal e obrigatória no Brasil.

Nesse contexto, a imunocastração vem ganhando cada vez mais espaço, pois representa uma nova alternativa que visa controlar as substâncias envolvidas na liberação do odor pelos machos, além de ser um método não invasivo ao animal. Na suinocultura comercial, onde a maximização de desempenho é o foco, a ractopamina representa outra alternativa de interesse. Dessa forma, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu uma metodologia específica para a quantificação de ractopamina. Porém, os resultados obtidos indicam que, embora o uso da ractopamina não tenha levado a um aumento significativo na incidência de lesões ou nas concentrações plasmáticas de cortisol e lactato, evidências sugerem a ocorrência de alterações fisiológicas nos animais alimentados com rações contendo este aditivo (Athayde et al., 2011).

Investir no bem-estar animal, mantendo os mesmos índices de produtividade sem o incremento dos custos de produção, é um dos grandes desafios enfrentados pela Embrapa Suínos e Aves e pela suinocultura nos últimos anos. Em 2016, a Embrapa realizou eventos em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para discutir a gestação coletiva de matrizes

suínas. Os seminários técnicos abordaram o papel da Embrapa na transição para o sistema de gestação coletiva, as experiências das agroindústrias que já implementaram a mudança e as estratégias do serviço veterinário oficial e das indústrias para sua adoção. O sistema de alojamento coletivo foi preconizado pelas práticas de bem-estar animal. A intenção foi utilizar os avanços tecnológicos e de conhecimento para racionalizar e especializar a mão de obra, preparar a cadeia produtiva para as exigências vindas dos mercados interno e externo, alinhar as políticas públicas e comprometer os atores envolvidos, ampliando o grau de bem-estar dos manejadores e dos animais, agregando valor aos produtos, mantendo a segurança dos alimentos e produzindo com sustentabilidade.

Além disso, a Unidade assinou dois Termos de Execução Descentralizada (TED) com o Mapa, através da Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo, no valor de R$ 1,205 milhão para a condução de três anos de estudos e atividades em bem-estar com poedeiras comerciais e no alojamento de matrizes suínas. Entre as ações desenvolvidas pelos TEDs estiveram capacitações técnicas de produtores, técnicos e profissionais da agroindústria. Ainda no início de 2025, foi publicada pela Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS) uma série de cartilhas sobre o bem-estar animal na produção de suínos com participação da Unidade. As cartilhas atenderam três fases do processo: nas granjas durante a criação; no embarque e transporte da granja para a indústria; e no desembarque, recepção e abate no frigorífico. Antes dessa publicação com a ABCS, a Embrapa havia lançado dois folders sobre o assunto: equipamentos de manejo pré-abate dos suínos e importância do jejum no manejo pré-abate dos suínos. Ambos podem ser baixados no site da Unidade (Pereira; Cardoso, 2017).

Boas práticas na migração para a gestação coletiva

O sistema de criação intensivo, no qual os animais são mantidos em instalações fechadas e com espaços reduzidos, tem como consequência alterações no comportamento dos suínos, gerando diversas situações de estresse. A manutenção de matrizes gestantes em gaiolas impõe restrições comportamentais, frustrando-as no que diz respeito à impossibilidade de demonstrar ações que seriam comuns em ambiente naturais, como forragear, fuçar e construir ninhos. Com o objetivo de orientar os produtores rurais e técnicos de campo para manutenção dos novos sistemas de alojamento de matrizes suínas, foi executado um projeto na Embrapa Suínos e Aves, em parceria com o Mapa, para o desenvolvimento das boas práticas para migração dos sistemas de alojamento de matrizes suínas em celas de gestação para baias coletivas.

Assim, a avaliação técnica e econômica dos sistemas de alojamento de matrizes suínas, determinando o custo de implantação dos diferentes sistemas de alojamento e o custo de produção de leitões nos diferentes tipos de alojamento de matrizes suínas, foram apresentados na publicação. As salas de maternidade também foram estudadas pela Embrapa. Os modelos avaliados de salas com piso totalmente ripado e com piso semirripado atendem simultaneamente as exigências de conforto e bem-estar das matrizes e dos leitões (Sabino et al., 2011). Em outra pesquisa desenvolvida pela Embrapa, para avaliar o efeito do piso de plástico e de ferro no desempenho dos animais, concluiu-se que o ganho de peso diário dos leitões alojados nas parideiras de piso vazado de ferro foi melhor quando comparado com os leitões alojados nas parideiras de piso vazado de plástico. O efeito se manteve mesmo quando a idade do desmame foi ajustada para 28 dias.

A influência do ambiente físico e social sobre leitões desmamados foi avaliada em outra ação da Embrapa devido a uma crescente preocupação com a ação de estressores aos quais os animais são expostos durante as fases iniciais da vida. Os estressores influenciam negativamente as habilidades cognitivas e o bem-estar animal. Alterações no manejo que visam diminuir o estresse pós-desmame podem contribuir no bem-estar dos leitões e refletir-se em ganhos na produtividade. Algumas mudanças, no entanto, exigem uma outra estrutura produtiva e podem acarretar aumentos nos custos de produção. A incorporação desse tipo de mudança no sistema produtivo depende de todos os envolvidos, pois não só o criador e a indústria precisam estar preparados para enfrentar as necessárias mudanças. O consumidor também deve estar interessado e precisa ter a capacidade de identificar, e pagar mais, por produtos que levem em conta essas preocupações.

A ampliação dos estudos na área de nutrição, bem-estar e conforto animal é necessária no Brasil, principalmente para atender às exigências do mercado consumidor, que está cobrando uma produção de alimentos menos impactante ao meio ambiente e com respeito aos princípios de bem-estar animal. A ementa da Instrução Normativa nº 56, de 6 de novembro de 2008, do Mapa estabelece os procedimentos gerais das Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico (Rebem), abrangendo os sistemas de produção e o transporte.

Para fins da referida Instrução Normativa, deverão ser observados os princípios para a garantia do bem-estar animal, sem prejuízo do cumprimento, pelo interessado, de outras normas específicas. Dessa forma, foi avaliado o efeito de luz artificial no bem-estar, saúde e desempenho de suínos na fase de creche, crescimento e terminação. Apesar de terem sido observados alguns efeitos significativos dos programas de luz sobre o desempenho dos leitões, esses foram de menor

importância, não sendo suficiente para indicação de programa de luz artificial na suinocultura como prática de manejo a ser adotado (Abreu et al., 2012a).

A metodologia para definição de escore na face de leitões lactentes também foi alvo de estudo da Embrapa com o objetivo de estabelecer um critério prático e simples como ferramenta para avaliação do conforto e do bem-estar dos animais. O estabelecimento da hierarquia social após o nascimento dos leitões é um dos fatores responsáveis por disputas entre os animais. Esse comportamento agonístico tem como consequência o aparecimento de lesões na face dos leitões, predispondo os animais a infecções bacterianas secundárias e reduzindo o desempenho zootécnico e o bem-estar.

O corte ou desgaste dos dentes é utilizado para reduzir lesões na glândula mamária das matrizes e na face de leitões lactentes. Esse manejo vem sendo questionado devido à dor e ao estresse que provoca nos leitões. Desde 2001, a legislação da União Europeia que descreve padrões de bem-estar animal proíbe o manejo de corte ou desgaste dos dentes de leitões como medida rotineira. Porém, quando houver lesões nos tetos das porcas ou nos leitões, há indicação do manejo dos dentes (União Europeia, 2011). Dessa forma, foram definidos os escores e as lesões na face de leitões lactentes que orientam a prática do desgaste de dentes (Dalla Costa et al., 2013).

O procedimento de desgaste ou permanência dos dentes de leitões pode influenciar comportamentos importantes, como o de mamar, que é responsável pelo eficiente ganho de peso. No entanto, o desgaste dos dentes pode ser desnecessário diante dos ferimentos causados em decorrência do manejo errôneo desta prática. Contudo, a Embrapa Suínos e Aves recomenda mais estudos direcionados ao desgaste de dentes.

Transporte e manejo pré-abate aplicados aos suínos

Um dos temas que a Embrapa Suínos e Aves entregou resultados importantes nos últimos 15 anos teve relação com o embarque, transporte e desembarque de leitões. O transporte é considerado um fator de estresse para leitões devido ao desmame, mistura de lotes, condições de transporte, barulho, densidade, ambiência, duração e condições das viagens. A forte interação com pessoas no embarque e desembarque também aumenta o estresse dos animais. Por esta razão, o transporte de leitões deve ser sempre bem planejado e executado de acordo com o que foi definido anteriormente (Figura 18.1).

Assim, deve-se permanentemente prestar atenção aos seguintes pontos (Dalla Costa et al., 2019a): (1) tipo e condições do embarcadouro/desembarcadouro; (2) preparação dos leitões; (3) escolha da melhor rota para o transporte; (4)

Foto: Lucas Scherer

Figura 18.1. Bem-estar no transporte de suínos.

utilização de modelo de carroceria e veículo adequado ao transporte dos leitões; (5) garantia de adequada manutenção do veículo, além de planos de monitoramento durante a viagem, com o objetivo de evitar paradas desnecessárias; (6) implementação de meios de controle de doenças; e, (7) estabelecimento de procedimentos em caso de emergência.

A Embrapa Suínos e Aves concluiu que os procedimentos de manejo de embarque, transporte e desembarque dos leitões do desmame até o crechário e da saída de creche até a terminação podem ser considerados bons em razão da taxa de mortalidade, densidade de transporte e do cuidado na condução dos caminhões (velocidade). Além das boas condições das instalações, ressalta-se que a qualidade dos procedimentos de manejo pode influenciar significativamente o resultado final, como demonstrado previamente em outros estudos da Unidade e na literatura sobre o tema. A Embrapa Suínos e Aves ofereceu vários treinamentos sobre o tema, especialmente a partir de 2016.

Dentre os manejos realizados na granja de suínos, destaca-se o embarque dos animais para o abate, por se tratar de um momento que envolve muitas situações estressantes, tanto para os humanos, quanto para os animais. Na tentativa de identificar e eliminar as situações que causam esses problemas no bem-estar e na qualidade da carne dos suínos, foi desenvolvido o projeto de pesquisa Efeito do manejo pré-abate no bem-estar e a qualidade dos suínos. Os resultados desse projeto, combinados com informações práticas avaliadas em diversas granjas de suínos, proporcionaram elementos para o desenvolvimento do Manual de boas práticas de manejo – embarque de suínos para o abate. A adoção das recomendações apresentadas neste manual favorece os procedimentos de embarque de suínos, minimiza os riscos de perdas econômicas e melhora as condições de trabalho, proporcionando efeitos positivos para o bem-estar dos animais e das pessoas envolvidas no ambiente de trabalho (Dalla Costa et al., 2012).

Em 2013, a Embrapa Suínos e Aves também avançou numa parceria com a iniciativa privada para o desenvolvimento de um embarcadouro para suínos. A proposta da Unidade ofertou ao mercado um equipamento que facilitou o trabalho de embarcar os suínos nos caminhões e, ao mesmo tempo, preservou o bem-estar animal (Vilas-Boas; Silva, 2013). Planejar o sistema de produção de suínos pensando na entrada e na saída dos animais da propriedade, com ênfase no acesso ao embarcador e suas características, pode reduzir o esforço físico dos colaboradores e dos suínos durante o embarque e os riscos de acidentes durante o manejo. Dessa forma, foi desenvolvido um modelo de embarcadouro de suínos para as granjas de reprodutores de suínos certificadas (GRSC) (Dalla Costa et al., 2017).

Outra contribuição teve relação com o projeto sobre os estudos de fatores associados às perdas no período do manejo pré-abate dos suínos, que avançou

para uma nova fase a partir de 2014 devido à alta incidência de animais que perdiam a habilidade de caminhar ou de permanecer em pé durante o período pré-abate. O projeto realizou um levantamento das condições de manejo pré-abate em mais de 60 granjas comerciais e respectivos frigoríficos associados na região Sul do Brasil. O objetivo foi avaliar as condições do manejo pré-abate dos suínos em seis momentos distintos: na granja antes do embarque, no embarque, no transporte, no desembarquem, no período de descanso e no abate no frigorífico.

Devido à grande importância do assunto, foram desenvolvidas ações e eventos visando transferir as descoberta da Embrapa por meio da capacitação de multiplicadores. A substituição das carrocerias convencionais por carrocerias de piso móvel facilitou em muito o embarque e o desembarque dos suínos, reduzindo o esforço físico da equipe de carregamento. Além disso, o manejo pré-abate dificultado pelas condições estruturais gerava um incremento de estresse das pessoas envolvidas nessas atividades, o que prejudicava a qualidade do trabalho prestado pela equipe e refletia no modo como as pessoas manejavam e tratavam os animais, podendo elevar o estresse dos suínos. Com as informações obtidas no projeto, foi elaborado um manual de manejo de boas práticas no manejo pré-abate, visando reduzir as perdas quantitativas e melhorar o bem-estar dos suínos e das pessoas responsáveis pelo carregamento.

Os fatores associados às perdas no período do manejo pré-abate dos suínos foram de grande preocupação para a Embrapa Suínos e Aves. Há variabilidade entre países em termos de mortalidade durante o transporte e escassez de informações referentes ao monitoramento da condição físico-motora dos suínos em todo o período pré-abate, sobretudo no Brasil. Para que o Brasil mantenha sua posição de destaque no cenário da suinocultura mundial, é necessário que sejam alcançados os mais elevados padrões de qualidade sanitária, nutricional e organoléptica (cor, sabor, odor e textura) da carne suína, valorizando, sobretudo, sua qualidade ética.

Esse tema foi tratado pela Embrapa e abordado de forma segmentada nos projetos, por meio dos quais verificou-se que há uma grande ocorrência de carcaças com alguns problemas de qualidade que chegam aos frigoríficos. Esta situação ocorre por falhas no manejo pré-abate. Nestes projetos, foram avaliados os efeitos do tempo de jejum na granja, do período de descanso no frigorífico, dos modelos de carrocerias de caminhões utilizados no transporte de suínos e do uso da água no manejo pré-abate sobre o bem-estar animal e qualidade da carne. Embora os principais fatores tenham sido delineados, há necessidade de um estudo integrado de todos os componentes do sistema para se concluir quais as medidas mais importantes a serem tomadas para minimizar as perdas visualizadas pela Embrapa (Dalla Costa et al., 2022).

Em 2012, as práticas realizadas durante o manejo pré-abate receberam muita atenção da indústria, com grandes esforços para redução do estresse sofrido pelos animais. Isso ocorreu não somente pelas consequências negativas sobre a qualidade da carne, mas também por questões éticas de bem-estar animal. A Embrapa avaliou em situações comerciais o uso de ducha antes ou após o transporte dos suínos destinados para o abate e concluiu que a prática não teve influência sobre o bem-estar e a qualidade da carcaça dos suínos. Para transportes de curta distância, menores de 140 km entre a granja e o frigorífico, e sob as mesmas condições climáticas deste estudo, não há necessidade do uso de ducha de água para os suínos antes ou após o transporte para o abate, implicando na redução do uso de água e mão de obra (Dalla Costa et al., 2012).

Com a finalidade de obter um panorama das condições de bem-estar de suínos abatidos em frigoríficos comerciais brasileiros, também foram analisados os parâmetros comportamentais dos suínos nas baias de espera de quatro frigoríficos comerciais da região Sul do Brasil. Concluiu-se que o comportamento dos suínos é multifatorial e o manejo pré-abate é uma variável que pode influenciar o repertório comportamental dos animais nas baias de espera em frigoríficos. A prática do uso de aspersão em suínos nas baias de espera, com implicações na qualidade da carne e no bem-estar dos suínos, buscou descrever as condições mais indicadas para os animais que aguardam o abate nos frigoríficos (Araújo et al., 2011).

Na tentativa de identificar e eliminar as situações que causam problemas no bem-estar e na qualidade da carne dos suínos, foi desenvolvido o projeto de pesquisa Efeito do manejo pré-abate no bem-estar e a qualidade dos suínos. Os resultados desse projeto, combinados com informações práticas avaliadas em diversas granjas de suínos, proporcionaram elementos para o desenvolvimento do Manual de boas práticas de manejo – embarque de suínos para abate. A exemplo de outras recomendações da Embrapa, a adoção das práticas apresentadas no manual favorece os procedimentos de embarque de suínos, minimiza os riscos de perdas econômicas e melhora as condições de trabalho, proporcionando efeitos positivos para o bem-estar dos animais e das pessoas envolvidas no ambiente de trabalho.

Série bem-estar animal na produção de suínos

O bem-estar animal vem sendo discutido, exigido e contemplado há mais tempo em outras partes do mundo do que no Brasil. A Comunidade Europeia dispõe de legislação ampla e detalhada sobre o tema dede a década de 2000. No Brasil, as questões ligadas ao bem-estar animal ficaram cada vez mais em evidência a partir dos anos 2010, mostrando um caminho sem volta, embora

nossa legislação não tenha o mesmo rigor da União Europeia. Didaticamente, pensando em cada etapa do processo produtivo, cujos profissionais envolvidos têm diferentes atribuições, a série Bem-estar animal na produção de suínos foi dividida em três cartilhas: (1) Práticas de manejo e características das instalações nas granjas; (2) Manejo de embarque e transporte; e (3) Para o frigorífico – da recepção no frigorífico até o abate com garantia de qualidade (Rohr et al., 2016). Por meio destas cartilhas, produzidas com participação da Embrapa e liderança da ABCS, buscou-se gerar informações práticas e aplicáveis que possibilitassem estabelecer os procedimentos metodológicos das principais rotinas nos diferentes setores da granja, do carregamento até o abate no frigorífico.

Além do conteúdo das cartilhas, uma das publicações importantes da Embrapa na área de bem-estar animal foi o documento Transporte Legal de Suínos, produzido por meio do TED do Mapa. A publicação fornece informações das melhores condições de bem-estar dos suínos durante a etapa de transporte, oferecendo dicas sobre como evitar qualquer sofrimento desnecessário pra os animais, reduzir as perdas econômicas, melhorar a sustentabilidade e a utilização de recursos naturais da cadeia produtiva. A publicação e a série de vídeos disponibilizadas na plataforma do YouTube correspondem a 12 capítulos ou sessões que abordam os principais aspectos do transporte de suínos, sempre visando o bem-estar dos animais (Dalla Costa et al., 2021).

Embrapa também pesquisa opções de insensibilização

Seguindo os avanços regulatórios na temática bem-estar animal, entrou em vigor no Brasil a Portaria 365/2021, que aprovou o Regulamento técnico de manejo pré-abate e abate humanitário e os métodos de insensibilização autorizados pelo Mapa. Esta portaria trouxe aplicações práticas para pontos fundamentais do processo pré-abate e abate dos animais de produção.

Dentre os procedimentos de manejo pré-abate, estão envolvidos o tempo de jejum na granja, o modo de retirada dos suínos das baias e as condições de bem-estar durante o transporte. Assim, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu estudo para avaliar o efeito no modelo da suspensão do caminhão utilizado no transporte dos suínos ao abate em relação ao comportamento e período de descanso no frigorífico. A porcentagem de suínos em pé na primeira hora de descanso foi maior em comparação à segunda e terceira horas, onde se tem um percentual maior de suínos deitados.

Entretanto, a hora não influenciou significativamente na porcentagem de suínos brigando. Em consequência da ausência de procedimentos adequados no manejo pré-abate, os suínos chegaram nas baias de descanso estressados

e cansados e apresentaram comportamentos distintos ao longo do período de descanso no frigorífico. Além disso, a Embrapa descobriu que o sistema de suspensão do caminhão não provocou alterações negativas no comportamento dos animais junto à baia de descanso no frigorífico.

Em 2020, a insensibilização dos animais na hora do abate foi tema de debate intenso. Em uma reunião técnica on-line sobre Sistemas de insensibilização para suínos: elétrico vs CO_2, organizada e realizada pela Embrapa Suínos e Aves, com parceria do Mapa, ABCS, Maneja Consultoria e Fluxo Eletrônica Industrial e apoio da Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS), pesquisadores do Brasil, Espanha e Inglaterra trocaram experiências sobre o assunto. O objetivo da reunião foi debater os avanços, benefícios e limitações dos sistemas de insensibilização para suínos, como o elétrico e o de atmosfera controlada (CO_2).

O momento foi também o de prospectar e identificar projetos e parceiros a partir da discussão e apresentação de experiências brasileira e europeia, especialmente para atender as necessidades identificadas pela indústria de suínos (Pereira; Cardoso, 2021). A partir das discussões no evento de 2020, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu um protótipo de equipamento elétrico para a insensibilização e eutanásia de suínos, validada em escala comercial para ser inserida no mercado.

Em relação à eutanásia, a Embrapa realizou levantamentos sobre métodos de eliminação de suínos que estão sendo utilizados nas granjas e os seus efeitos sobre os manejadores. Além disso, os métodos identificados nesses levantamentos foram comparados quanto a sua eficiência para eliminar os suínos de forma humanitária. Os resultados desta pesquisa mostraram que alguns métodos utilizados atualmente nas granjas (como facadas no coração de animais conscientes, métodos concussivos manuais ou a inação de permitir que os suínos morram sem assistência) não atendem aos requisitos legais e sociais em termos de cuidados e proteção animal. O desenvolvimento de treinamento, atividades de extensão e programas de apoio psicológico para os operadores encarregados da eliminação de animais nas granjas deve ser considerado para melhorar as condições de bem-estar dos suínos, a reputação do sistema produtivo e a redução de perdas econômicas (Dalla Costa et al., 2019b).

Criação de suínos em família como modelo alternativo

A produção de suínos em família (já citado em capítulos anteriores por suas amplas implicações, da sanidade até a questão econômica) foi tema de projeto na Embrapa Suínos e Aves finalizado em 2013. O projeto propôs a criação de suínos em família como modelo alternativo ao sistema convencional. Esse sistema de produção é destinado a pequenos produtores e proporciona menos

estresse aos animais pelo fato de não misturar as leitegadas. Como consequência, os suínos recebem um ambiente mais favorável, permitindo que não se faça o uso de antimicrobianos preventivos de infecções nas rações e na água. A adoção de sistemas de criação intensiva de suínos trouxe economias de escala, maior produtividade e ganhos de logística, mas aumentou a incidência de infecções e o nível de estresse dos animais, resultando no desencadeamento de doenças infecciosas e tornando necessário o uso de antimicrobianos em doses subterapêuticas ou preventivas para promover o crescimento e mitigar a ocorrência de doenças (conforme registrado no Capítulo 8).

A tecnologia é destinada à produção em pequena escala, seguindo os princípios básicos de organização e o planejamento da produção, a rastreabilidade individual dos animais produzidos e os cuidados no manejo diário dos suínos. Esse tipo de suíno produzido pode dar origem a produtos cárneos e derivados com maior valor agregado, atendendo expectativa de parcela pequena, porém crescente, de consumidores.

Esse sistema de criação destina-se a pequenos e médios produtores e pequenas e médias agroindústrias e cooperativas que desejam atuar em nichos de mercado com a oferta de carne segura, sem antimicrobianos. A principal estratégia é difundir esse sistema por meio de ações de transferência de tecnologia e comunicação, além de capacitar técnicos das redes de assistência técnica e extensão rural (Ater) e produtores para a implantação do mesmo. A Embrapa Suínos e Aves acredita ter contribuído para o aumento da oferta de carne suína segura, com melhorias na saúde pública, na competitividade e renda da suinocultura de base familiar, voltada ao bem-estar animal e preservação do meio ambiente (Vilas-Boas; Silva, 2013).

Novas tecnologias e "brinquedos" para os suínos

Os estudos com bem-estar de suínos foram utilizados pela Embrapa Suínos e Aves como estratégia para agregação de valor à produção. Desde que mais atenção foi dada a fatores econômicos e rendimento por animal, o bem-estar e o comportamento animal foi negligenciado. Portanto, uma vez que o bem-estar animal representa um papel importante nas perdas durante a produção, a cadeia produtora de carne deve adaptar-se para mudanças nas regras de bem-estar animal, regulamentos e boas práticas de manejo pré-abate.

Novas tecnologias emergentes foram avaliadas pela Unidade e, em 2012, buscando melhorar as condições térmicas ambientais, bem-estar, saúde e desempenho de suínos, foi testado o efeito do sistema de resfriamento evaporativo acoplado a ventiladores nas fases de crescimento e terminação. Apesar de o climatizador

evaporativo melhorar as condições físicas e ambientais, os suínos nas fases de crescimento e terminação não responderam a essa melhoria em relação ao desempenho, características de carcaça e saúde dos animais (Abreu et al., 2012b).

O desenvolvimento e o incentivo de novas práticas de bem-estar animal na suinocultura brasileira também fazem parte dos trabalhos da Embrapa na área. Exemplo disso é a recomendação para o uso de "brinquedos" – objetos que estimulam comportamentos naturais dos suínos confinados (Figura 18.2). Essas ações fazem parte de estratégias de enriquecimento ambiental que visam reduzir o estresse, a frustração e comportamentos anormais dos animais, melhorando a qualidade de vida e a produtividade nas granjas. A Embrapa têm contribuído para validar protocolos eficazes, alinhando ciência e prática no enfrentamento dos desafios do confinamento intensivo. Essa nova fase da suinocultura complementa avanços iniciados nos anos 2000 e reforça o compromisso do setor com a inovação e a sustentabilidade no setor.

Adequações da ambiência frente às variações climáticas

Um dos principais desafios da suinocultura no Brasil é adequar a ambiência interna das instalações frente às variações climáticas existentes, as quais possuem grande influência no desempenho produtivo dos animais e econômico das granjas. A atividade suinícola exige um cuidado intenso em relação aos fatores ambientais e ao microclima interno das edificações, pois são fatores que podem prejudicar o desempenho produtivo dos animais, gerando problemas técnicos e econômicos.

No Brasil, existem diferentes modelos de edificação para a produção de suínos nas fases de crescimento e terminação. Esses modelos foram desenvolvidos tendo como base as condições regionais de ambiência e com predominância do uso da ventilação natural. Atualmente, existem algumas iniciativas, por parte de empresas, para o desenvolvimento de projetos de edificações com isolamento térmico e ambiente controlado. Dessa forma, em 2021, a Embrapa Suínos e Aves propôs um projeto para o estudo da ambiência de dois modelos de edificações para a produção de suínos na fase de crescimento e terminação. Com esse projeto, obteve-se um processo agropecuário para o controle da ambiência em unidades de crescimento e terminação de suínos com foco no bem-estar e nos desempenhos zootécnico e econômico.

A análise identificou parâmetros de controle da ambiência interna das edificações (temperatura, umidade, renovação do ar e emissão de gases) com vistas a uma futura aplicação e calibração de equipamentos para o controle e automação da ambiência em granjas de suínos. Esse tema é explorado em mais detalhes no Capítulo 8.

Figura 18.2. Dois suínos "brincam" com uma corrente suspensa na lateral de uma baia; elemento ajuda na melhoria do bem-estar.

Referências

ABREU, P. G. de; DALLA COSTA, O. A.; SOUSA JÚNIOR, V. R. de; COLDEBELLA, A.; ABREU, V. M. N.; MORES, N.; AJALA, L. C.; LOPES, L. dos S.; KICH, J. D.; AMARAL, A. L. do; SANTOS FILHO, J. I. dos; SABINO, L. A. Efeito do sistema de resfriamento evaporativo acoplado a ventiladores nas características térmicas ambientais, bem-estar, saúde e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. In: COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N. (Ed.). **Relatório de projetos concluídos 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012b. p. 143-149. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 156).

ABREU, P. G. de; LIMA, G. J. M. M. de; DALLA COSTA, O. A.; SOUZA JÚNIOR, V. R.; ABREU, V. M. N.; AJALA, L. C.; LOPES, L. dos S.; COLDEBELLA, A.; PALHARES, J. C. P.; MORES, N.; AMARAL, A. L. do; SANTOS FILHO, J. I. dos; SABINO, L. A. Efeito do programa de luz artificial, nas características térmicas ambientais, bem-estar, saúde e desempenho de suínos na fase de creche. In: COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N. (Ed.). **Relatório de projetos concluídos 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012a. p. 133-142. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 156).

ARAÚJO, A. P. de; DALLA COSTA, O. A.; ROÇA, R. de O.; GUIDONI, A. L.; ATHAYDE, N. B.; CIOCCA, J. R. P. **Comportamento dos suínos nas baias de espera em frigoríficos brasileiros**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 8 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 488).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. São Paulo, 2024. 77 p.

ATHAYDE, N. B.; DALLA COSTA, O. A.; ROÇA, R. de O; GUIDONI, A. L.; JOAQUIM, S. F.; HOMEM, J. M. Influência do uso de ractopamina na dieta de suínos em terminação sobre a concentração de lactato e cortisol sanguíneos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais**... Belém: UFRA, 2011.

DALLA COSTA, F. A.; GIBSON, T. J.; OLIVEIRA, S. E. O.; GREGORY, N. G. T.; COLDEBELLA, A.; FAUCITANO, L.; DALLA COSTA, O. A. **Levantamento dos métodos de eliminação (eutanásia) de suínos nas granjas e efeitos sobre o operador**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019b. 16 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 559).

DALLA COSTA, O. A.; CIOCCA, J. R. P.; RIBAS, J. C. R.; LUDTKE, C. B.; COSTA, M. J. R. P. da. **Boas práticas no embarque de suínos para abate**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 50 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 137).

DALLA COSTA, O. A.; DALLA COSTA, F. A.; COLDEBELLA, A.; LORENZETTI, A.; BUSS, L. P. **Avaliação das condições de embarque, transporte e desembarque de leitões**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019a. 15 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 560).

DALLA COSTA, O. A.; DALLA COSTA, F. A.; JACOB, J. de S.; AMARAL, A. L. do; MORES, N. **Embarcadouro para granjas de reprodutores suínos certificadas (GRSC)** - modelo Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 5 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 541).

DALLA COSTA, O. A.; FEDDERN, V.; COLDEBELLA, A.; DALLA COSTA, F. A.; TAVERNARI, F. de C. **Fatores de risco no manejo pré-abate dos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 232).

DALLA COSTA, O. A.; LUDTKE, C. B.; BUSS, L. P.; DALLA COSTA, F. A. (ed.). **Transporte legal**: suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021. 146 p. 1 Cartilha.

DALLA COSTA, O. A.; RICCI, G. D.; LIMA, G. J. M. M. de. **Metodologia para definição de escore na face de leitões lactentes**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 512).

LOW, P.; LOURENÇO, D. B.; TEZZA, L. B. de L.; CASTRO, L. S. S.; CHOMA, E. F.; MOLENTO, C. F. M.; TEIXEIRA, M. W. Declaração de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOÉTICA E BEM-ESTAR ANIMAL, 3., 2014, Curitiba. **Senciência e bem estar animal**: expandindo horizontes: anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. p. 462-463. Disponível em: https://labea.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/09/Anais-III-CBBBEA.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

LUDTKE, C. B.; CIOCCA, J. R. P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P. C.; VILELA, J. A.; DALLA COSTA, O. A. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010.

OPINION on the Welfare of Animals during Transport. London: Farm Animal Welfare Committee, Apr. 2019.Disponível em: https://consult.defra.gov.uk/transforming-farm-animal-health-and-welfare-team/improvements-to-animal-welfare-in-transport/supporting_documents/fawcopinionontheWelfareofanimalsduringtransport.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de atividades 2016**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 22 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 184). Disponível em: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de- publicacoes/-/publicacao/1070019/relatorio-de-atividades-2016. Acesso em: 31 mar. 2025.

PEREIRA, M. L.; CARDOSO, L. S. **Relatório de Atividades 2020**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 220). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132226/1/final9696.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

ROHR, S. A.; DALLA COSTA, O. A.; DALLA COSTA, F. A. **Bem-estar animal na produção de suínos**: toda a granja. Brasília, DF: ABCS/Sebrae, Cartilha, 2016. 38 p.

SABINO, L. A.; SOUSA JÚNIOR, V. R. de; ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N.; LOPES, L. dos S.; COLDEBELLA, A. Comportamento suíno influenciado por dois modelos de maternidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1321–1327, 2011.

UNIÃO EUROPEIA. Directive 91/630/EEC. Laying down minimumstandards for the protection of pigs. Official Journal of the European Communities, 1 dez 2001. L 316/36. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0630. Acesso em: 31 mar. 2025.

VILAS-BOAS, J.; SILVA, L. C. da. **Relatório de atividades 2013**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 22 p. (Embrapa suínos e aves. Documentos, 163).

CAPÍTULO 19

Mais que tendência, bem-estar na avicultura é diferencial de mercado

Paulo Giovanni de Abreu, Gilberto Silber Schmidt e Valdir Silveira de Avila

Mais que tendência, bem-estar na avicultura é diferencial de mercado

A avicultura é um dos setores do agronegócio brasileiro de maior desenvolvimento nas últimas décadas, sendo uma das principais fontes de produção de proteína animal, gerando divisas, garantindo a segurança alimentar e proporcionando alimento de baixo custo, tanto para o mercado interno como externo (especialmente o capítulo 2 descreve a organização da avicultura brasileira em mais detalhes). O alto desempenho da cadeia é reflexo das melhorias dos programas de melhoramento genético e de biossegurança, do aprimoramento das técnicas de manejo, nutrição, das tipologias construtivas, da modernização do modelo de gestão e da capacitação contínua dos produtores e técnicos envolvidos no sistema produtivo, bem como da tecnificação do sistema de produção.

Os avanços nos índices técnicos, aliados à capacidade de produção e organização das agroindústrias e à qualidade dos produtos, que atende tanto ao mercado interno como externo, têm contribuído de maneira significativa para o Brasil ser um dos grandes responsáveis pelo fornecimento de proteína animal de qualidade, gerando divisas e empregos diretos e indiretos.

Na cadeia avícola, a geração de emprego gira ao redor de 4 milhões e é um dos pontos fortes do setor. Além disso, 70% da produção de frangos acontece em pequenos municípios e em propriedades familiares (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2024). Por outro lado, na produção de ovos, a maior parte está concentrada em grandes produtores.

O Observatório da Agropecuária Brasileira aponta que uma das mega-tendências consolidadas no tema da sustentabilidade nas cadeias de proteína animal diz respeito ao bem-estar animal. A produção agropecuária, nas mãos dos grandes *players*, será longeva apenas se houver uma reconsideração de seus padrões produtivos e gerenciais. Enfatiza como mandatório que a produção deve respeitar o bem-estar animal em todos os elos da cadeia. A propriedade, o transporte e o frigorífico serão exigidos a apresentarem certificados de produção com bem-estar animal. A rastreabilidade, impulsionada pela expansão digital e pelos consumidores exigentes, será primordial para a aderência do mercado aos produtos pecuários. Fatores como bem-estar animal, boas práticas produtivas e sustentabilidade serão temas chave para aceitabilidade do mercado, fatores estes que, em contrapartida, eliminarão do mercado aqueles que não se adequarem à nova forma de consumir da população.

Nas últimas décadas, a sustentabilidade dos diversos setores ligados ao agronegócio tem vindo à tona na discussão envolvendo organizações não governamentais, setor produtivo e consumidores, entre outros segmentos. Na produção animal, a sustentabilidade envolve questões econômicas, sociais, ambientais, de bem-estar animal e de saúde pública. Embora se observe uma tendência do mercado interno, com o surgimento de nichos específicos de consumidores, o bem-estar animal tem atraído maior interesse na esfera das relações internacionais ao tornar-se um dos parâmetros de acesso efetivo de produtos de origem animal a mercados mais exigentes, onde a sustentabilidade, em particular ao bem-estar, é utilizada muitas vezes como barreira não tarifária.

A inserção do bem-estar animal como parâmetro de sustentabilidade intensificou a procura por indicadores que possam apresentar de maneira convincente, aceitável e com aplicação e interpretação mais consistentes ao real estado do animal. O setor prossegue atuando de forma proativa na adoção de processos sustentáveis, cada vez mais valorizados pelo mercado consumidor. A indústria de alimentos vem se estruturando voluntariamente e (ou) por pressão do mercado consumidor no atendimento a normas e diretrizes voltadas ao bem-estar animal. No entanto, com o passar dos anos, a sociedade passou a valorizar cada vez mais a qualidade de vida dos animais, exigindo práticas mais éticas e sustentáveis na produção de alimentos.

Em 2009, o comitê Farm Animal Welfaire Committee (FAWC) recomendou que o bem-estar dos animais deveria ser expresso pela sua qualidade de vida, sendo proposta uma classificação dessa qualidade de vida em: "uma vida que não mereça ser vivida", "uma vida que mereça ser vivida" e "uma vida boa" (Opinion [...], 2019). Nos anos seguintes, o comitê emitiu diversas opiniões/recomendações em relação ao bem-estar animal, sendo estas: (a) implicações de bem-estar da criação e tecnologias na agricultura comercial; (b) planejamento de contingência

para o bem-estar de animais em desastres e emergências (2012); (c) câmeras Closed Circuit Television (CCTV) em abatedouros; (d) sistemas de parto livre (2015); (e) as relações entre a saúde e o bem-estar dos produtores e o bem-estar dos animais de produção; (f) agricultura sustentável e bem-estar de animais de fazenda (2017); e (g) bem-estar de animais abatidos na propriedade (2018).

Vários eventos contribuíram para a discussão dos problemas relacionados ao bem-estar dos animais. Em 2012, um grupo de neurocientistas da Universidade de Cambridge elaborou um documento (Declaração de Cambridge) sobre a consciência animal, ressaltando que os seres humanos não são os únicos com estruturas neurológicas que geram consciência (Low, 2012). Já em 2014, o Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV) fez a Declaração de Curitiba, reforçando a ideia de que os animais são seres sencientes, isto é, têm a capacidade de sentir sensações e sentimentos de forma consciente (Low *et al*.,2014).

As "Cinco Liberdades" (livre de fome e sede, livre de desconforto, livre de dor, ferimentos e doenças, liberdade para expressar comportamento normal e livre de medo e angústia), ao estabelecer um conjunto de princípios, foram um avanço histórico significativo para o bem-estar animal. Contudo, a busca por uma ausência total de estados negativos pode ser desafiadora, considerando a complexidade da natureza animal. O bem-estar, portanto, não se resume à ausência de sofrimento, mas à promoção de um equilíbrio entre as necessidades fisiológicas e comportamentais dos animais e as condições do ambiente em que vivem. Assim, ao final do século XX, o modelo dos "Cinco Domínios" foi proposto para ampliar a compreensão das "Cinco Liberdades". Esse modelo considera os aspectos positivos e negativos, tanto dos estados internos e funcionais como dos estados mentais (psicoafetivos) (Mellor; Beausoleil, 2015).

O protagonismo da Embrapa Suínos e Aves nos últimos 15 anos, como uma instituição de inovação tecnológica (cuja missão é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira), não foi apenas na busca de soluções, mas também na participação ativa das discussões relativas à ampliação da sustentabilidade das cadeia avícola, com base na demanda de todos os segmentos envolvidos desde a produção até o mercado consumidor.

A contribuição da Unidade, em relação ao desenvolvimento das soluções e adoção, teve como ponto crucial a estratégia de parcerias e participação em fóruns específicos relacionados ao bem-estar animal. As parcerias desde 2010 envolveram várias entidades, entre elas a Proteção Animal Mundial (World Animal Protection - WAP), Fórum Animal, Humane Society International (HSI), Mercy for Animals, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), Universidade de São Paulo (USP), Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), Associação Brasileira de

Criadores de Suínos (ABCS), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Associação dos Avicultores do Estado do Espirito Santo (Aves), Sindicato Rural de Bastos, Associação Paulista de Avicultura (APA) e, principalmente, a iniciativa privada (entre as empresas parceiras estão a BRF, Aurora, Copérdia, Copacol e Coopavel).

Compromisso da Embrapa como o bem-estar animal

Em relação ao bem-estar, a Embrapa Suínos e Aves vem desempenhando papel fundamental no desenvolvimento de inovações tecnológicas, disruptivas e (ou) incrementais que promovam o bem-estar animal, sem comprometer a eficiência da produção. Vêm contribuindo para o desenvolvimento de um setor avícola mais sustentável e competitivo, capaz de atender às demandas do mercado interno e externo, sem abrir mão do bem-estar animal. No futuro, espera-se que as inovações continuem a impulsionar a melhoria do bem-estar animal, com o desenvolvimento de novas tecnologias e a integração de diferentes soluções para criar sistemas de produção mais eficientes, sustentáveis e humanitários.

Embora o manejo pareça algo simples, é necessário o conhecimento sobre os animais, como eles interagem com o ambiente e como as instalações e equipamentos podem proporcionar recursos que auxiliem o manejo calmo e eficiente, reduzindo o estresse, tanto para as pessoas como para os animais. A implantação de programas de bem-estar animal nas agroindústrias é uma ferramenta essencial para minimizar riscos, melhorar o ambiente de trabalho, incrementar a produtividade e atender às exigências da legislação brasileira e dos mercados internacionais, além de reduzir as perdas de qualidade do produto final, contribuindo para reduzir ocorrências nas carcaças como hematomas, contusões e lesões.

O bem-estar animal na cadeia de produção de frangos de corte e postura e o compromisso com a sustentabilidade têm sido uma das preocupações da Embrapa Suínos e Aves. Recentemente, a indústria vem incorporando iniciativas em melhorias no bem-estar animal, sendo estas ações parte de uma das agendas que mais impulsionam as empresas a enumerar os compromissos assumidos frente às exigências do mercado em conceitos de sustentabilidade. Além disso, o bem-estar animal passou a ser visto, em grau crescente, como elemento importante da sustentabilidade, sendo considerado como parte integrante de 16 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU). Empresas que assumem e respeitam os compromissos em processos sustentáveis, incluindo os cuidados com o meio

ambiente, processos de produção (transparência) e respeito ao bem-estar animal ganham mercado, projeção e melhoria de imagem perante os consumidores. Sob essa ótica, sustentabilidade, portanto, deixa de ser um conceito abstrato e se transforma em um ativo consolidado, e as cadeias que estiverem receptivas às novas dinâmicas e agregação de valor, ampliam o acesso de seus produtos a diferentes mercados.

Alternativas de aquecimento em aviários de frangos

O bem-estar das aves, além de ser uma nova fronteira de demanda dos mercados consumidores, tem papel fundamental no desempenho técnico, econômico, social, ambiental e na saúde pública, tanto na produção de frango de corte como na produção de ovo, o que possibilita a maior sustentabilidade e competitividade do setor. A manutenção das condições ambientais, especialmente em relação à temperatura e umidade nas instalações, é importante para manter as aves na zona de conforto térmico (Figura 19.1). O custo para manter as condições ambientais adequadas para atender o bem-estar das aves, principalmente na produção de frango, é alto, além do impacto em termos ambientais, quando os aquecedores são acionados com gás liquefeito de petróleo (GLP).

Existe uma busca por fontes renováveis de energia, não só para reduzir o custo energético de aquecimento dos aviários, mas também para acionar os equipamentos necessários para manutenção das condições de temperatura e umidade e manejo dos lotes, possibilitando o uso da energia pelos produtores em outras atividades da propriedade. Neste sentido, a Embrapa Suínos e Aves buscou alternativas para os aquecedores de aves que funcionam à base de GLP e eletricidade, além da utilização da lenha em alguns locais onde as explorações eram legalizadas e com valores competitivos em relação a fontes tradicionais. Os resíduos de pó fino de carvão, que são descartados pelas siderúrgicas e carvoarias, surgiram como alternativa de energia na forma de briquete. A matéria-prima é reciclada, sendo ecologicamente correta. Além disso, exige menos mão de obra, não pega fogo, pode ser vendido por quilo e apresentar um custo baixo (Abreu et al., 2012a).

Além disso, para ajudar produtores e técnicos no controle das condições ambientais, a Embrapa desenvolveu o Conforcalc, um aplicativo para smartphones e tablets, com sistema operacional Android, que utiliza o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU). O aplicativo calcula os efeitos combinados da temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação no bem-estar das aves no aviário em tempo real. Para facilitar o trabalho do produtor ou do técnico no uso do aplicativo, basta informar a temperatura em graus Celsius, a umidade relativa do ar em % e a idade

Foto: Júlio Gomes Filho

Figura 19.1. Manutenção da temperatura e umidade adequadas nas instalações garante o conforto térmico das aves.

em dias das aves (mais informações no Capítulo 20). Com apenas estes dados, o Conforcalc calcula e determina se o ambiente para aquele lote de frangos está quente, frio ou nos parâmetros ideais de conforto térmico, promovendo assim o bem-estar e maior produtividade das aves (Dalmédico et al., 2016).

A utilização de diferentes formas de isolamento vem sendo estudada com o objetivo de facilitar o controle das condições ambientais em sistemas intensivos de produção de frangos de corte. Neste sentido, a Embrapa desenvolveu pesquisa sobre a utilização da manta de polietileno expandido, com a face aluminizada voltada para cima, objetivando aumentar a resistência térmica do aviário, reduzir a passagem da radiação máxima para o interior e reduzir a quantidade de calor proveniente da cobertura.

A utilização de materiais isolantes possibilita alcançar uma melhor dispersão térmica, maior controle da ventilação, do armazenamento térmico e bem-estar animal, podendo contribuir de maneira significativa para a melhoria do desempenho físico do aviário e maior eficiência energética. Dessa forma, a Embrapa Suínos e Aves avaliou tecnologias para isolamento de telhados, visando redução do ganho de calor por radiação solar, que é necessário para a adequação do condicionamento térmico interno nos períodos quentes, mensurando os reflexos no desempenho das aves e considerando um sistema de produção de frangos de corte padrão de integração. Os resultados demonstraram que apesar das tecnologias alterarem a temperatura do ambiente interno, as aves não responderam em termos de desempenho. Porém, verificou-se uma redução de 7% no consumo de energia quando comparado com aviários sem isolamento no telhado (Abreu et al., 2024).

Indicadores de bem-estar e utilização de imagens

Na medida em que se aumentava a preocupação com o bem-estar animal, nesse caso particular o de frangos de corte, crescia na mesma proporção a procura por medidas que pudessem apresentar de maneira convincente, aceitável e com aplicação e interpretação mais consistentes o estado real do animal. A literatura apontava algumas medidas que podiam indicar o estado de bem-estar das aves, mas como o próprio sentido de bem-estar era ainda motivo de controvérsias, então como a sua medida poderia ser diferente? Uma medida estudada pela Embrapa recentemente foi a alteração hematológica das aves, onde a relação heterófilos/linfócitos foi apontada como indicador importante de que a aves se encontravam em estresse ou não.

No entanto, as condições de coleta de sangue são estressantes, comprovando que as modificações metabólicas são expressas por alterações hemato-

lógicas. Conjuntamente ao estudo hematológico, foram realizados estudos de assimetria flutuante, também como medida de bem-estar animal, para monitorar o nível de estresse genético e ambiental a que são submetidas as aves. A assimetria flutuante é um padrão de variação da diferença entre os lados direito e esquerdo do corpo da ave, onde a variação tem distribuição normal, a partir da média zero. A assimetria foi associada com o reduzido desempenho, fecundidade e capacidade competitiva e com maior susceptibilidade ao parasitismo e predação. Os resultados das avaliações mostraram que a assimetria não era um indicador adequado para detectar variações do estado de bem-estar de frangos de corte de rápido crescimento devido à forte seleção para aumento de peso corporal e melhoria da eficiência alimentar, o que podia mascarar adicionais efeitos do estresse sobre os processos de desenvolvimento.

Também não era um indicador sensível do bem-estar em aves alimentadas *ad libitum* devido à ausência de restrições do uso da energia. Dessa forma, a avaliação de pododermatites (dermatite de coxim plantar, lesão de coxim plantar e ainda calo de pé) e a avaliação de problemas locomotores são mais utilizadas para inferir sobre o bem-estar das aves. Finalmente, independentemente do sistema de criação, é vital a preocupação com as aves, lembrando que a Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA), em 2008, para estimular as práticas dedicadas ao bem-estar animal, reforçou que elas estão relacionadas não só à saúde animal, mas também à produtividade. Esse foi um passo de muita importância para o setor, principalmente pela característica subjetiva de algumas avaliações como o *gait score* e altamente dependente da situação momentânea do estado fisiológico da ave, como as medidas hematológicas (Abreu; Abreu, 2011).

A procura por métricas, usando ferramentais de simples coleta, baixo custo e alta acurácia, para avaliar/definir o bem-estar dos animais, o status sanitário, bem como outros parâmetros ligados aos desempenhos técnicos e econômicos do plantel, continuou sendo alvo das pesquisas da Embrapa, principalmente com o advento do uso da inteligência artificial como ferramenta de gestão do sistema produtivo, com vistas a identificar e (ou) antecipar a intervenções necessárias para garantir um sistema mais sustentável. Neste sentido, avaliações morfológicas, por meio de análise de imagens, foram realizadas para quantificar a distribuição da temperatura superficial no corpo da ave, determinar a relação de proporção da taxa de perda de calor e de resfriamento (TR), em função do peso e da idade da ave, além de realizar avaliações morfológicas por meio de análise de imagens.

Com esse estudo, a Embrapa concluiu que a utilização de imagens digitais para estimar a área, o peso e as medidas morfológicas em função da idade das aves é viável e pode ser empregada no cálculo de transferência de calor e de massa para dimensionar sistemas de climatização dos aviários. As imagens

também podem ser usadas no desenvolvimento de equipamentos com visão computacional (Abreu et al., 2012b).

O controle da densidade, considerando o número de aves estabelecidas em diferentes quadrantes, é importante para verificar possíveis fatores que determinam o adensamento ou rarefação em locais específicos. Desta forma, em parceria com a UTFPR - Campus de Medianeira, a Embrapa desenvolveu uma ferramenta não invasiva para o cálculo da densidade em aviários comerciais. As imagens foram obtidas utilizando câmera infravermelha considerando a quantidade de quilos de aves por metro quadrado. Por meio da abordagem proposta, concluiu-se que foi possível gerar informações para subsidiar a avaliação da densidade de aves por metro quadrado nos aviários por meio de técnicas de processamento de imagem.

Na parceria, foi desenvolvido um estudo para a determinação do rastreamento da movimentação das aves por meio de processamento digital de imagens. Dessa forma, o estudo do comportamento animal visou garantir o bem-estar dos frangos e evitar perdas devido à mortalidade. Considerando esses aspectos, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens para realizar o rastreamento, onde foi possível seguir os frangos e monitorar suas movimentações dentro do aviário.

Técnicas para humanização de abate

A área de espera e a plataforma de recepção das aves no abatedouro são pontos importantes em relação ao bem-estar das aves e qualidade do produto final. A insensibilização, antes da sangria, deve ser realizada de maneira a reduzir o sofrimento das aves. A eletronarcose por imersão é o método de insensibilização mais utilizado no mundo e o único em uso nos abatedouros do Brasil. Na Comunidade Europeia, está em vigor o Regulamento CE1099/2009, que contempla os parâmetros elétricos para este tipo de atordoamento, os quais devem ser utilizados pelos países membros e por parceiros exportadores.

Dessa forma, a União Europeia estava pressionando as indústrias brasileiras de abate e processamento de frangos a adotar o método, baseado no regulamento europeu. O suporte da Embrapa a decisões relevantes do Mapa e a representação junto à OMSA e à Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) foram importantes para a cadeia produtiva, pois possibilitou que a comissão responsável pela proteção à saúde dos consumidores e pelo bem-estar animal certificasse a viabilidade de equivalência entre as medidas regulatórias da União Europeia e as normas brasileiras de bem-estar animal quanto ao método de insensibilização em frangos de corte no abate.

A Embrapa, em parceria com Mapa, USP e ABPA, apresentou um estudo baseado na premissa de que métodos alternativos poderiam ser certificados, desde

que fossem apresentados argumentos técnicos que comprovassem equivalência quanto ao bem-estar das aves. A caracterização do estado de inconsciência do frango após eletronarcose, com baixa corrente e alta frequência, foi estudada pela Embrapa, demonstrando que a insensibilização elétrica requer que o tempo entre a saída da cuba e a sangria seja reduzido ao mínimo para assegurar o bem-estar das aves e menor impacto na qualidade da carcaça.

Nos mesmos estudos, foram avaliados os impactos na carcaça devido à aplicação dos parâmetros elétricos do regulamento CE 1099/2009 na eletronarcose de frangos de corte. Verificou-se que a insensibilização, com base nos parâmetros estabelecidos pelo regulamento, implica em considerável depreciação na qualidade da carcaça. Essa perda deve-se à ocorrência de hemorragias petequiais e hematomas no peito, coxas e sobrecoxas. As lesões são mais severas quando do uso concomitante de valores elevados para frequência e amperagem. Devido a esses resultados, a Embrapa Suínos e Aves indicou a necessidade de que sejam avaliados métodos alternativos que atendam à exigência de equivalência do método europeu quanto ao bem-estar animal, mas que não impliquem em perdas econômicas relacionadas com a depreciação na qualidade da carcaça (Scheuermann et al., 2017).

Atendendo ao consumidor e às normativas oficiais

O setor de postura se dinamizou ao longo do tempo para atender às exigências do consumidor, bem como diminuir as perdas econômicas e produtivas. Este fato é notável diante da tendência de automação do sistema, com a inserção de esteiras para a coleta dos ovos, arraçoamento automático, bem como o monitoramento das condições ambientais no interior dos aviários em sistemas controlados. Embora esta dinamização tenha contribuído positivamente com o setor, a utilização de gaiolas convencionais no sistema brasileiro de produção de ovos, em combinação com altas densidades de alojamento, é um fator preocupante tanto para a saúde e o bem-estar das aves quanto para o impacto econômico provocado sobre o setor.

Dessa forma, tem sido dada atenção aos diferentes tipos de sistemas de criação e à proibição do uso das gaiolas convencionais, como já acontece na União Europeia. No Brasil, este assunto tem recebido destaque devido à pressão internacional para que sejam oferecidas melhores condições de vida aos animais de produção, fato este que representa o primeiro passo para mudanças benéficas no sistema produtivo. Devido ao custo para se adequar aos sistemas já adotados no exterior, o Brasil deve enfrentar um período de adaptação, buscando métodos alternativos para melhorar o bem-estar das aves, sem, contudo, encarecer demasiadamente o sistema ou modificar o manejo já adotado.

Neste contexto, a Embrapa Suínos e Aves vem trabalhando fortemente no apoio a instituições e produtores que estão praticando ou com intenção de praticar a produção de aves fora de gaiola, sistema este que se entende por privilegiar o bem-estar das aves (Avila et al., 2017). O trabalho realizado na região Sudoeste do Paraná, em parceria com a Associação de Estudos Orientação e Assistência Rural (Assesoar) e a Cooperativa Central da Agricultura Familiar Integrada (Coopafi), contribuíram para o desenvolvimento da agricultura familiar daquela região por meio da capacitação para as boas práticas de produção com foco no bem-estar das aves e na adequação à legislação sanitária e ambiental. A ação permitiu que produtores familiares tivessem acesso a mercados locais, regionais e de valor agregado, que originou ainda uma cartilha como referência aos usuários do Estado (Avila et al., 2022).

A contribuição no Projeto OvOLimpo (conforme apresentado no Capítulo 16) para o bem-estar das aves foi na elaboração de recomendações básicas de biosseguridade para pequena escala de produção avícola. O documento teve caráter orientativo e foi definido pela Embrapa Suínos e Aves em parceria com o Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA). As orientações destinaram-se aos produtores de aves de pequena escala, com produção de até mil animais (Duarte et al., 2020).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão nacional responsável pela normatização técnica no Brasil. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização tanto para frangos de corte como para a produção de ovos.

A Embrapa Suínos e Aves, por meio de sua equipe de pesquisa, participou intensivamente de documentos importantes para o regramento do manejo, alimentação e biosseguridade na criação de poedeiras livres de gaiolas e de frangos de corte criados em sistemas diferenciados do sistema de criação tradicional. As boas práticas de manejo, que também visam o bem-estar animal, têm despertado muita atenção da comunidade científica e vem provocando pequenas mudanças nos sistemas atuais de criação. Esforços envolvendo o Mapa, a Embrapa Suínos e Aves e a Esalq/USP viabilizaram a capacitação de profissionais da avicultura de postura brasileira na área de boas práticas de manejo, incluindo o bem-estar das aves (Silva et al., 2020).

Considerando as necessidades de um maior engajamento do sistema produtivo às necessidades e exigências do consumidor, que passou a se interessar em relação a origem do alimento que coloca à mesa, bem como com o tratamento e cuidado que as aves recebem ao longo de suas vidas dentro da granja, tornaram-se necessárias ações da Embrapa e dos parceiros anteriormente citados

para a elaboração de um Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiolas. Esse manual teve como objetivo apresentar os procedimentos de manejo comuns na granja produtora de ovos associados a possíveis melhorias para o bem-estar das galinhas poedeiras. A publicação ofertou também conhecimento e harmonização de práticas entre produtores, funcionários e técnicos e forneceu subsídios para a capacitação de recursos humanos quanto à elaboração de orientações técnicas, cursos e conscientização dos envolvidos acerca do bem-estar de galinhas poedeiras.

Artigo explica fatores de bem-estar aplicados a perus

As empresas produtoras de perus, impulsionadas pela busca de ganhos sustentáveis e incorporados, deverão focar em melhorias contínuas nas práticas em bem-estar animal. Um artigo da Embrapa Suínos e Aves, publicado na mídia sobre o bem-estar na cadeia de produção de perus, apresentou em 2023 uma visão geral dos principais fatores que afetam o bem-estar das aves durante os diferentes estágios da criação comercial. O artigo enfatizou ainda as possibilidades de melhorias a serem adotadas associando as correções nas rotinas e procedimentos de manejo ao atendimento das necessidades básicas em comportamento, conforto térmico e saúde das aves (Mazzuco, 2023).

Informação acessível e disponível gratuitamente

O desenvolvimento de soluções tecnológicas que permitam assegurar melhorias no bem-estar das aves é parte dos objetivos estratégico da Embrapa Suínos e Aves. A difusão e transferência de tecnologia da Unidade também teve como uma de suas metas organizar e disponibilizar informações nas mais diversas fontes e, consequentemente, elaborar documentos orientadores e cursos de capacitação para técnicos e produtores ligados às cadeias de frangos de corte e postura. O conteúdo gerado nos últimos anos sobre o tema está disponível na página da Embrapa Suínos e Aves na internet.

Na área de produção de ovos, por exemplo, aconteceram atualizações e treinamentos nos estados do Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Pernambuco, todos em parceria com o Mapa e o Núcleo de Pesquisa em Ambiência (Nupea) da Esalq/USP. Os encontros abordaram os avanços técnicos e as práticas de bem-estar aplicadas à avicultura de postura, unindo as visões do governo, das ONGs, das empresas e dos produtores. Também foram produzidos vídeos sobre debicagem em galinhas de postura, disponíveis no canal da Embrapa no YouTube[1].

[1] www.youtube.com/embrapa

Os vídeos orientaram sobre o processo de apara de uma maneira geral e explicaram de forma específica as debicagens convencional, com lâmina quente plana, com lâmina quente em "V" e por radiação ou luz infravermelha.

Soluções tecnológicas para a depopulação de aves

A depopulação de grandes lotes de aves, que pode envolver abate sanitário e (ou) simplesmente a eliminação de aves em final do período de produção, é um problema que tem causado críticas da sociedade, pois na maior parte das vezes não considera o sofrimento das aves no processo. Atualmente, o uso do abate sanitário inclui não só o despovoamento em massa de animais doentes, mas também o despovoamento em massa de animais que provavelmente foram expostos à infecção devido à proximidade de explorações infectadas ou através de animais contaminados, equipamentos, roupas ou pessoas. Esses animais contaminados são considerados "contatos perigosos" e são abatidos preventivamente.

Para aves, é conhecido o método de depopulação com o uso de espuma em grandes lotes, que é criticado tanto pelo bem-estar animal (pois os animais morrem por asfixia) quanto pelo elevado custo operacional. Assim, é necessário o desenvolvimento de um método de abate em massa que tenha mínimo contato humano, que atenda normas de bem-estar e, se possível, que não gere mais resíduo orgânico pela adição de água ao processo. A proposta que Embrapa Suínos e Aves vem desenvolvendo com a iniciativa privada visa validar um equipamento que colete os animais automaticamente e os abata por eletrocussão dentro do aviário de aves comerciais criadas livres de gaiola.

Os animais abatidos poderão ser direcionados à incineração, compostagem ou a aterros na propriedade. O equipamento será totalmente automatizado e capaz de realizar todo o trabalho com a mínima interação com o ser humano, reduzindo o risco de passagem de qualquer doença entre espécies. Em outra iniciativa importante, o Departamento de Saúde Animal (DAS) do Mapa iniciou o grupo de trabalho em saúde e bem-estar das aves nos sistemas de produção avícolas, do qual a Embrapa Suínos e Aves faz parte. O trabalho, que iniciou em 2024 com a realização da Oficina para Análise do Impacto Regulatório (AIR), teve como primeira etapa reuniões para coleta de subsídios com entidades do setor produtivo, do setor público e da sociedade civil organizada.

Novas abordagens visando ampliar a sustentabilidade do setor avícola têm sido pautadas no desenvolvimento de soluções tecnológicas que propiciem o bem-estar das aves. Entre elas está o desenvolvimento de protocolos de controle de pragas relacionados à produção de frangos de corte e ovos, sendo estas,

respectivamente, cascudinho e ácaros. Estas pragas, além de causar impacto técnico e econômico, causam estresse nas aves e podem ser vetores de doenças ligadas à produção e à saúde pública.

O desenvolvimento de compostos associados, envolvendo a inclusão de insumos orgânicos, biológicos e minerais, reduz o grau de infestação destas pragas, reduz a utilização de insumos químicos e, consequentemente, diminui os riscos ao meio ambiente, à segurança alimentar e à saúde do produtor. A Embrapa Suínos e Aves desenvolveu o composto BIOEMB-C recentemente, que deverá estar disponível no mercado no início de 2026, após registro nos órgãos oficiais (Mapa e Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa).

Referências

ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; HASSEMER, M. J.; TOMAZELLI, I. L. Medidas morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 795-801, 2012b. DOI: 10.1590/S1415-43662012000700014.

ABREU, P. G. de; SCHMIDT, G. S.; AVILA, V. S. de. **Soluções para a melhoria do condicionamento térmico das instalações avícolas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 18 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 254). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1169447/1/final10386-Solucoes-para-a-melhoria-do-condicionamento-termico-das-instalacoes-avicolas.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de. Medidas para avaliação do bem-estar de frangos de corte. **Guia Gessulli da Avicultura e Suinocultura Industrial**, Itu, ed. 1204, ano 103, n. 9, p. 16-22, 2011. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/913731/1/medidasparaavaliacaodobemestar0001.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; LOPES, L. dos S.; SANTOS FILHO, J. I. dos; HIGARASHI, M. M.; TOMAZELLI, I. L.; PRÁ, M. C. de; HASSEMER, M. J.; CESTONARO, T.; COSTA, C. A. D.; MORÉS, R. Utilização de fontes de energia renováveis para o aquecimento de aves. In: COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N. (Ed.). **Relatório de projetos concluídos 2011**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012a. p. 151-163. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 156). Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/952249/1/Utilizacaodefontesdeenergia.pdf. Acesso em: 24 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. São Paulo: SP: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/. Acesso em: 21 mar. 2025.

AVILA, V. S. de; KRABBE, E. L.; CARON, L.; SAATKAMP, M. G.; SOARES, J. P. G. **Produção de ovos em sistemas de base ecológica**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 32 p. 1 Cartilha. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1081503/1/final8573.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

AVILA, V. S. de; MALACARNE, C. G.; BECKER, A.; FARIAS, J. C.; GRISA, F. F.; APPEL, K. F. **Recomendações para o sistema de produção com poedeiras livres de gaiola para o Estado do Paraná**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 33 p. Cartilha. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154157/1/Recomendacoes-para-o-sistema-de-producao-com-poedeiras.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

DALMÉDICO, G.; ABREU, P. G. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **Conforcalc**: manual do usuário. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 14 p. 1 cartilha.. 2016. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1062043/1/CartilhaConforcalcfinal.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

DUARTE, S. C.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; VIOLA, T. H.; CÔRTES, V. A. C.; AVILA, V. S. de; BRITO, D. M. de; PEREIRA, V. L. de A.; VILLA, M. F. G.; WALTER, E. H. M. **Recomendações básicas de biosseguridade para pequena escala de produção avícola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 14 p. 1 folheto. Disponível em: . Acesso em: 4 abr. 2025.

LOW, P. The Cambridge Declaration on Consciousness. In: FRANCIS CRICK MEMORIAL CONFERENCE, 2012, Cambridge. **Consciousness in non-human animals**: proceedings. Cambridge: Cambridge University, 2012. Disponível em: https://fcmconference.org/img/CambridgeDeclarationOnConsciousness.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

LOW, P.; LOURENÇO, D. B.; TEZZA, L. B. de L.; CASTRO, L. S. S.; CHOMA, E. F.; MOLENTO, C. F. M.; TEIXEIRA, M. W. Declaração de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOÉTICA E BEM-ESTAR ANIMAL, 3., 2014, Curitiba. **Senciência e bem estar animal**: expandindo horizontes: anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. p. 462-463. Disponível em: https://labea.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/09/Anais-III-CBBBEA.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

MAZZUCO, H. Bem-estar animal na cadeia de produção de perus. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1329, ano 114, n. 6, p. 14-23, 2023. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1159524/1/final10154.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

MELLOR, D. J.; BEAUSOLEIL, N. J. Extending the Five Domains model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. **Animal Welfare**, v. 24, p. 241–253, 2015. DOI: 10.7120/09627286.24.3.241.

OPINION on the Welfare of Animals during Transport. London: Farm Animal Welfare Committee, Apr. 2019.Disponível em: https://consult.defra.gov.uk/transforming-farm-animal-health-and-welfare-team/improvements-to-animal-welfare-in-transport/supporting_documents/fawcopinionontheWelfareofanimalsduringtransport.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

SCHEUERMANN, G. N.; LA VEGA, L. T. de; COSTA, E. X.; COLDEBELLA, A.; ROSA, P. S.; CARON, L.; ALVES, S. P. Caracterização do estado de inconsciência dos frangos após eletronarcose com baixa corrente e alta frequência. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2017, Campinas, SP. **Anais**... Campinas: FACTA, 2017. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1078185/1/final8475.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

SILVA, I. J. de O.; ABREU, P. G. de; MAZZUCO, H. **Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 40 p. 1 cartilha. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127416/1/Cartilha.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025.

CAPÍTULO 20

Contribuições para a sustentabilidade e o futuro da produção de proteínas

Fabiane Goldschmidt Antes, Ana Paula Almeida Bastos, Anildo Cunha Junior, Darci Dambrós Junior, Geordano Dalmédico, João Alberto Suzin Marini, Ricardo Luís Radis Steinmetz, Rosemari Martini, Sandra Camile Almeida Mota, Vanessa Gressler e Vivian Feddern

Contribuições para a sustentabilidade e o futuro da produção de proteínas

A Embrapa Suínos e Aves tem se destacado também em temas transversais, com importantes contribuições em áreas como novas técnicas analíticas, ferramentas avançadas de gestão de dados e ativos digitais, além de inovações tecnológicas, como a produção de carne cultivada em laboratório. O desenvolvimento de pesquisas na fronteira do conhecimento para uma produção sustentável de suínos e aves exige profissionais qualificados e infraestrutura laboratorial moderna, com equipamentos de alto desempenho capazes de prover resultados confiáveis.

Por isso, a Embrapa Suínos e Aves investiu na modernização do Laboratório de Análises Físico-Químicas (LAFQ), com a implantação de métodos analíticos robustos, eficientes e com menor geração de resíduos para prover agilidade na geração dos resultados. A modernização também ofereceu menor exposição do trabalhador, o que reduz riscos à saúde. Foram instalados novos equipamentos de cromatografia a líquido e a gás para a determinação de moléculas orgânicas diversas em matérias-primas, alimentos e amostras ambientais. Equipamentos mais modernos para análise elementar e inorgânica, equipados com auto-amostradores para introdução das amostras, também foram instalados.

Na área de meio ambiente, a adoção de técnicas de biologia molecular, microscopia e ensaios para a determinação do potencial bioquímico de biogás (PBB) tem permitido o desenvolvimento de projetos de pesquisa para

o desenvolvimento de processos e tecnologias para gestão sustentável dos resíduos da suinocultura e avicultura.

A Embrapa Suínos e Aves acompanhou outra novidade tecnológica deste século e que está na fronteira do conhecimento: a produção de proteína em laboratório, também conhecida como o cultivo de células-tronco para criar análogos de carne, ou, simplesmente, carne cultivada. Projetos em andamento continuam a desenvolver tecnologias e processos para escalar a produção de carne cultivada, que ainda enfrenta desafios tecnológicos e econômicos.

Os últimos anos também foram marcados pela produção e disponibilização de ativos digitais que contribuem para o crescimento das cadeias de suínos e aves, de forma independente ou por meio de parcerias. Além disso, a Unidade adotou o uso da realidade virtual para a transferência de conhecimento, disponibilizando para a sociedade ferramentas que permitem a fácil compreensão das tecnologias desenvolvidas através dos projetos de pesquisa. O uso de inteligência artificial e *machine learning* também têm sido aliados dos projetos de pesquisa em execução. A seguir, é apresentado um panorama sobre como a evolução da infraestrutura laboratorial da Unidade nos últimos 15 anos ampliou a capacidade de resposta da Embrapa em temas emergentes, como a emissão de gases.

Modernização da infraestrutura analítica da Embrapa

Novas técnicas e equipamentos para as análises ambientais

Alguns gases emitidos para a atmosfera, de origem antropogênica ou natural, têm a capacidade de absorver energia na região espectral do infravermelho e emitir esta energia na forma de calor e por isso afetam o balanço radiativo do planeta e são responsáveis pelo seu aquecimento, sendo chamados de gases de efeito estufa (GEE). O principal GEE é o dióxido de carbono (CO_2) por estar presente na atmosfera em maior concentração. O metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) são considerados traço por estarem presentes em concentração bem menor, embora estes tenham um potencial de aquecimento global 34 e 298 vezes superior ao CO_2, respectivamente.

Os países que fazem parte da Organização das Nações Unidas (ONU) se comprometeram em 2015, durante a 21ª Conferência das Partes (COP 21), a tomar medidas para reduzir a emissão de GEE e atenuar os impactos das mudanças climáticas. As cadeias de suínos e aves contribuem com a emissão de GEE através da respiração (suínos) e manejo dos dejetos (suínos e aves) , de acordo com o Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Medeiros et al, 2020; Lima et al, 2024).

Deste modo, no ano de 2015, a Embrapa Suínos e Aves investiu na aquisição do equipamento de cromatografia a gás e na implantação da técnica de determinação de GEE em amostras gasosas (Figura 20.1). O equipamento permite a introdução automática de amostras para a quantificação de CO_2, CH_4 e N_2O. Assim, é possível desenvolver, por exemplo, estudos como o descrito por Oliveira et al. (2020), que avaliou a mitigação de emissão de nitrogênio e N_2O em sistema de compostagem de dejetos suínos (mais informações no Capítulo 9). Outras pesquisas estão em desenvolvimento e buscam estabelecer novas rotas tecnológicas de manejo dos dejetos de suínos e aves, com mitigação de emissão de GEE.

A quantificação de GEE para a elaboração de inventários de emissão e remoção tem importância estratégica para o Brasil, uma vez que estes dados podem subsidiar negociações comerciais e abrir mercados para a exportação de proteína animal. A Embrapa Suínos e Aves tem instrumentação e equipe técnica preparada para estes novos desafios, contribuindo para o crescimento econômico sustentável do país, alinhado aos ODS 2 (Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável), 12 (Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis) e 13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos).

Avaliação de comunidades de bactérias e análise de expressão gênica

A biologia molecular é uma ferramenta amplamente utilizada para estudos em análises ambientais. Nos últimos anos, a técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR, do inglês *polimerase chain reaction*) em tempo real (qPCR) vem sendo usada para auxiliar na elucidação do desempenho de reatores biológicos nos estudos de remoção de nitrogênio amoniacal através do processo de oxidação anaeróbia de amônio (Anammox) e nos reatores anaeróbios para a produção de biogás (Steinmetz et al., 2016). A técnica é utilizada nesse contexto devido à sua alta sensibilidade, especificidade e capacidade de quantificar diretamente o DNA ou RNA de microrganismos-alvo em amostras ambientais.

No monitoramento de comunidades de bactérias Anammox, as quais representam um importante papel no ciclo global do nitrogênio, a qPCR é essencial para quantificar genes específicos, associados à via metabólica deste grupo. Essa técnica permite detectar a presença de Anammox em sistemas com efluentes da suinocultura e avaliar sua abundância relativa em relação a outros microrganismos, fornecendo informações valiosas para o controle de processos de remoção de nitrogênio em estações de tratamento de efluentes.

No estudo de processos em biorreatores anaeróbios, usados para o tratamento de efluentes agroindustriais, a qPCR permite monitorar a dinâmica das

Figura 20.1. Laboratório de cromatografia a gás para análises ambientais na Embrapa Suínos e Aves.

populações microbianas responsáveis pela degradação de matéria orgânica e produção de biogás. Esta abordagem permite identificar potenciais desequilíbrios na comunidade microbiana, assim como verificar a presença de organismos metanogênicos e acidogênicos, a fim de tomar decisões operacionais visando otimizar o desempenho do reator.

Outro uso do qPCR é a possibilidade de análise da expressão gênica, permitindo avaliar a atividade metabólica de comunidades microbianas sob diferentes condições ambientais. Essa capacidade é particularmente importante em estudos de estresse ambiental ou na avaliação de estratégias para melhorar a eficiência de sistemas biológicos. A aplicação do qPCR para análises ambientais é um avanço significativo na gestão e otimização de processos biológicos, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência no tratamento de resíduos. Esse progresso reforça o papel da biotecnologia na solução de desafios ambientais, oferecendo um controle mais preciso e embasado dos processos. Além disso, a aplicação do qPCR também promoveu a melhoria da qualidade ambiental.

Análise microbiológica através da microscopia facilita estudos de efluentes

Uma das técnicas utilizadas para monitoramento dos processos biológicos em estações de tratamento de efluentes (ETE) no LAFQ é a análise microbiológica através da microscopia. A microscopia permite a avaliação direta da comunidade microbiana presente no lodo, bem como das condições gerais do sistema biológico. Os lodos ativados são compostos por uma comunidade complexa de microrganismos, incluindo bactérias, protozoários, fungos e metazoários. Esses organismos são responsáveis pela degradação da matéria orgânica e pela estabilização do efluente.

Através da análise microscópica do tanque de aeração é possível obter informações qualitativas e quantitativas sobre essa comunidade, ajudando a identificar problemas operacionais, como a diversidade microbiana (a presença ou ausência de certos grupos, como protozoários e micrometazoários, que podem caracterizar como está a qualidade do efluente, a carga orgânica, a idade do lodo, a toxicidade e o oxigênio dissolvido; a presença de bactérias filamentosas em excesso, o que pode ocasionar *bulking* filamentoso, comprometendo a clarificação do efluente; a presença de flocos com crescimento disperso).

A análise por microscopia indica ainda problemas na agregação bacteriana, principalmente pela produção excessiva de substâncias poliméricas extracelulares, o que pode levar a dificuldades na sedimentação do lodo, podendo acarretar em *bulking* viscoso. A análise por microscopia é uma técnica eficiente, de baixo custo e altamente informativa, permitindo a tomada de decisões imediatas para

corrigir problemas operacionais. Além disso, complementa outras análises físico-químicas, fornecendo uma visão mais holística do sistema.

LEB implementa determinação do potencial bioquímico de biogás

Em 23 de maio de 2013, o LAFQ ampliou sua capacidade laboratorial com a inauguração do Laboratório de Estudos em Biogás (LEB), resultante de um convênio entre a Embrapa, a Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGás) e a Sociedade Alemã de Cooperação Internacional (GIZ, do alemão Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). O LEB implementou o ensaio de potencial bioquímico de biogás e metano na Unidade, seguindo padrões internacionais e treinamento dos analistas da Embrapa no Centro Alemão de Pesquisa em Biomassa (DBFZ, do alemão Deutsches Biomasseforschungszentrum), em Leipzig na Alemanha.

O ensaio de potencial metanogênico é um ensaio biológico que possibilita obter informações sobre a cinética de produção de gás e o potencial energético de amostras de substratos orgânicos, principalmente resíduos da produção agropecuária e agroindustrial, mas também aplicável às culturas energéticas (Figura 20.2). Essas informações são cruciais para auxiliar estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos baseados no biogás para diferentes finalidades. São exemplos dessas finalidades a geração de energia térmica e/ou elétrica e produção de combustíveis renováveis para mobilidade, como o biometano, o hidrogênio verde, a amônia verde ou até mesmo o combustível de aviação (SAF). Tais informações são importantes para o processo de descarbonização das cadeias produtivas agropecuárias e agroindustriais, condição decisiva para o futuro da produção de alimentos no país.

Mesmo a Embrapa Suínos e Aves já exercendo atividades com biogás desde o fim da década de 1970, a criação do LEB permitiu estabelecer um marco referencial para atividades analíticas no tema. Nos últimos 12 anos, a Embrapa foi pioneira na contribuição para a parametrização e harmonização de metodologia analítica no Brasil e América Latina.

Neste período também, a Unidade organizou e coordenou a execução de rodadas de estudos colaborativos, transformados recentemente em ensaio de proficiência na área do biogás, em parceria com o Instituto Senai de Tecnologia, Alimentos e Bebidas. Foram realizadas oito edições do Interlaboratorial em Digestão Anaeróbia, com participação de mais de 50 laboratórios de oito países, permitindo a padronização entre os laboratórios e geração de materiais de referência, contribuindo para ampliar a segurança de informações técnicas e científicas.

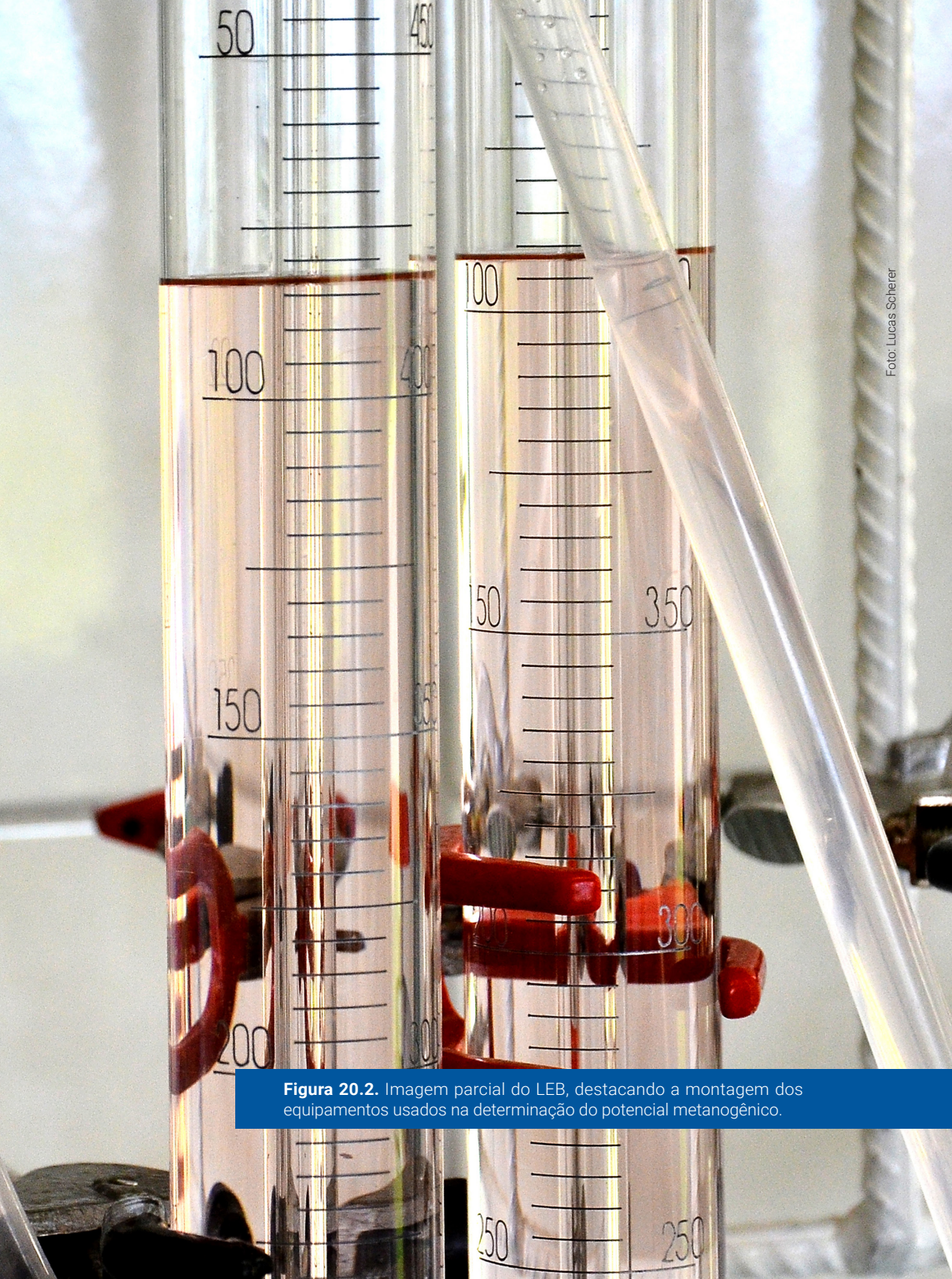

Figura 20.2. Imagem parcial do LEB, destacando a montagem dos equipamentos usados na determinação do potencial metanogênico.

Determinação de moléculas orgânicas por técnicas cromatográficas

Análises sobre aditivos alimentares e voltados para a detecção de resíduos

A produção de suínos e aves envolve a utilização das mais diversas classes de substâncias químicas, que vão desde insumos para a fabricação da ração (aminoácidos, vitaminas, antioxidantes, etc.) e desinfetantes para higienização das granjas até medicamentos para tratamento de enfermidades. Uma parcela destas substâncias tem seu uso restrito ou controlado por órgãos regulamentadores nacionais e internacionais. Portanto, sua utilização requer um vasto conhecimento, uma vez que a utilização equivocada pode resultar em concentrações acima do permitido destas substâncias nos produtos alimentícios comercializados e, por consequência, acarretar danos à saúde do consumidor. Outro fator a ser considerado perante o uso de substâncias químicas na produção é a questão ambiental, pois estas substâncias acabam por alcançar o solo e a água através do desperdício de ração, higienização das instalações e excretas/dejetos dos animais.

O Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) é o órgão brasileiro que estabelece as diretrizes de utilização destas substâncias químicas, bem como é responsável pelo monitoramento de resíduos e contaminantes em produtos de origem animal através do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC). Neste contexto, a Embrapa Suínos e Aves contribuiu, ao longo dos últimos anos, em diferentes projetos de pesquisa envolvendo moléculas monitoradas no PNCRC, inclusive com foco relacionado ao Limite Máximo Permitido de Resíduo (LMR), a exemplo da ractopamina, antimicrobianos diversos e seus metabólitos.

O monitoramento ambiental também cresce a passos largos, porém ainda se encontra na etapa de investigação do comportamento destas substâncias no solo e na água e seus possíveis impactos, principalmente relacionados à resistência antimicrobiana. Nesta área, a Embrapa Suínos e Aves realizou alguns estudos voltados à viabilidade de processos de degradação destas substâncias, focando em uma produção mais sustentável na suinocultura e avicultura (Feddern et al., 2022).

Para atender a estas novas demandas do setor produtivo, investimentos em técnicas de análise cada vez mais sensíveis, como a cromatografia (líquida e gasosa), foram necessários nos laboratórios da Embrapa. Para atingir os níveis de detecção extremamente baixos, essas técnicas de análise, em sua maioria, requerem o desenvolvimento de métodos específicos para cada finalidade, pois os equipamentos não são de utilização específica (Gressler et al., 2016; Michelon et al., 2022). Isso reforça a importância dos profissionais qualificados, responsáveis pelo desenvolvimento e implantação dos métodos de análise por técnicas de alto desempenho, como é o caso da cromatografia.

Investigação foca na otimização do uso de aminoácidos para suínos e aves

A evolução da nutrição de suínos e aves, com a transição do uso de proteína bruta, sem a preocupação com sua qualidade, para a introdução de proteínas baseada na sua composição de aminoácidos, foi um processo gradual e complexo que reflete mudanças no entendimento das necessidades nutricionais dos animais e nas tecnologias de formulação de dietas. A Embrapa Suínos e Aves desempenhou um papel importante nesse desenvolvimento, pois através de suas pesquisas contribuiu para a melhoria da nutrição animal no Brasil e em outros países de diversos continentes.

Na década de 1970, a formulação de dietas para suínos e aves no Brasil era predominantemente baseada na proteína bruta, sem um conhecimento aprofundado das exigências específicas de aminoácidos. O foco era fornecer níveis suficientes de proteína total, sem considerar as diferentes fontes e a biodisponibilidade dos aminoácidos presentes nos ingredientes. Já os anos 1980 foram marcados pela introdução do conceito de aminoácidos essenciais para a nutrição de suínos e aves. O conhecimento de que a proteína bruta por si só não era suficiente para cobrir todas as necessidades nutricionais dos animais levou à demanda de se focar nos aminoácidos individuais. Durante esse período, pesquisadores começaram a enfatizar a importância de aminoácidos como a lisina, metionina, treonina e triptofano (Costa; Goulart, 2010).

Nos anos 1990, a indústria de nutrição animal começou a adotar de forma mais intensa a formulação de dietas baseadas em aminoácidos digestíveis, que são aqueles efetivamente utilizados pelo animal, em vez de apenas calcular a proteína bruta da ração. A utilização de aminoácidos sintéticos, como a lisina, metionina e treonina, começou a ser incorporada nas dietas de suínos e aves de forma mais ampla.

Nos anos 2000, este uso foi amplamente difundido, permitindo a formulação de dietas de alta precisão. A Embrapa, juntamente com a indústria de nutrição animal, explorou o impacto da incorporação de aminoácidos sintéticos nas dietas, contribuindo para uma alimentação mais econômica e sustentável, já que era possível reduzir os níveis de proteína bruta e melhorar a eficiência na conversão alimentar (Manzke et al., 2016).

A partir de 2010, a nutrição de suínos e aves começou a se concentrar ainda mais na sustentabilidade e na personalização das dietas. A Embrapa continuou a investigar formas de otimizar o uso de aminoácidos e fontes alternativas de proteína para reduzir os impactos ambientais e melhorar a eficiência das dietas. Há uma crescente ênfase no uso de biotecnologia, através da utilização de enzimas, prebióticos e outros (Krabbe, 2012; Fornazier et al., 2024), na utilização de fontes

alternativas de proteína, como insetos e microalgas (Ludke et al., 2022), e na otimização da utilização de aminoácidos específicos para cada fase da produção.

Para possibilitar avanços na formulação da alimentação de suínos e aves, a Embrapa investiu em equipamentos mais sensíveis para gerar resultados com maior exatidão e métodos analíticos sustentáveis, modernizando seus laboratórios e capacitando seus analistas, técnicos e assistentes. Esses investimentos permitiram a determinação de proteínas e aminoácidos, transformando seus laboratórios em referência para a nutrição de suínos e aves em nível nacional. Os pesquisadores da área de nutrição animal desempenharam um papel fundamental nessa transformação, contribuindo com estudos e práticas que tornaram a formulação de dietas mais precisas e sustentáveis.

Técnica de cromatografia a gás com detector por ionização em chama

Os projetos de pesquisa em digestão anaeróbia dos resíduos de suínos e aves visam o desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a valorização dos resíduos através da produção de biogás e biometano e a recuperação de nutrientes do digestato. Para isso, os estudos do processo biológico com o objetivo de melhorar o desempenho de um biodigestor demandam análises químicas para a determinação das moléculas intermediárias do processo. As principais moléculas intermediárias da digestão anaeróbia são ácidos orgânicos produzidos durante a etapa de acidogênese.

Os ácidos orgânicos são moléculas formadas por um a cinco átomos de carbono e por isso chamados de ácidos orgânicos de cadeia curta ou ácidos orgânicos voláteis (por exemplo: ácidos butírico, propiônico e acético). Para possibilitar a determinação destas moléculas, e de outros ácidos orgânicos de importância para as pesquisas em produção animal, foi implantada a técnica de cromatografia a gás com detector por ionização em chama. A determinação dos ácidos em amostras líquidas dos biodigestores é feita por auto-amostrador do tipo *headspace*, enquanto para outras matrizes é possível a análise também pelo sistema de injeção convencional.

Um exemplo da determinação de ácidos de cadeia curta para ajudar a compreender o desempenho de um biodigestor para a produção de biogás está descrito em um trabalho publicado recentemente, onde foi estudada a codigestão de dejetos suínos e resíduos agroindustriais (Enokida et al., 2025). Neste trabalho, a variação na concentração das espécies ácidas foi comparada com os resultados da relação alcalinidade intermediária/alcalinidade total. Foi evidenciado o acúmulo dos ácidos butírico e propiônico, possivelmente causado pela inibição do processo biológico devido à alta concentração de amônia no biodigestor. Com

base nestas informações, é possível estabelecer estratégias de operação do biodigestor para evitar a inibição e aumentar a produção de biogás, melhorando o desempenho do equipamento.

Análises automatizadas sobre a composição de matérias-primas

Modernizações ampliam capacidade para determinação do carbono total

A modernização dos laboratórios é premissa que norteou a gestão nos laboratórios na Embrapa Suínos e Aves ao longo de sua existência. Nesse sentido, métodos robustos, com menor ou sem geração de resíduos, maior eficiência e eficácia, além de agilidade na geração dos dados e menor exposição a riscos que comprometem a saúde do trabalhador, motivaram a migração do método tradicional de determinação de carbono e nitrogênio para o método automatizado. Assim, o método Walkley-Black (para a determinação de carbono) e o método Khjeldal (para a determinação de nitrogênio), baseados na oxidação química úmida, foram substituídos por métodos de oxidação seca via combustão.

Em 2012, foi instalado no LAFQ um analisador baseado no método Dumas para determinação de nitrogênio e, em 2013, foi instalado um analisador elementar (CHNS-O) para a determinação de carbono total. Ambos os equipamentos são de fácil operação, requerendo apenas pesagem da amostra, e entregam os resultados das análises em poucos minutos.

A análise por combustão funciona através da queima controlada da amostra em uma atmosfera rica em oxigênio. Durante a combustão, os compostos orgânicos são convertidos em dióxido de carbono, água e óxidos de nitrogênio, enquanto os elementos inorgânicos são convertidos em suas formas iônicas. Os produtos da combustão são, então, transportados para o sistema de detecção, onde são analisados para determinar a composição elementar. Através de cálculos e comparações com padrões conhecidos, é possível obter os resultados desejados com precisão e confiabilidade.

Há uma ampla variedade de aplicações para a análise elementar por combustão. Na agricultura, por exemplo, ela é utilizada para determinar os teores de nutrientes nos fertilizantes e nas amostras do solo, ajudando a otimizar a fertilização e a melhorar a produtividade das culturas. Na área ambiental, a análise elementar é essencial para avaliar a presença de poluentes em amostras de solo e resíduos agroindustriais, auxiliando desta forma na proteção do meio ambiente. Na produção agropecuária e na indústria alimentícia em geral, a análise elementar é utilizada para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos, beneficiando, assim, a proteção ao consumidor.

Estrutura voltada à análise de minerais é reforçada ao longo dos anos

A Embrapa Suínos e Aves tem conduzido pesquisas que abordam frequentemente questões associadas com a biodisponibilidade, a importância e o reaproveitamento de elementos minerais. Neste contexto, a determinação de minerais em diferentes tipos de amostras sempre esteve inserida no escopo de atuação do LAFQ. Tal fato, evidentemente, tem contribuído para viabilização de inúmeros estudos sobre nutrição de suínos e aves, atributos nutricionais e qualidade de carnes e ovos, tratamento e aproveitamento energético dos resíduos da produção animal, valoração de sub e coprodutos agroindustriais, fertilização do solo e caracterização de águas naturais e residuárias.

Ao longo dos anos, o LAFQ tem investido esforços para manter uma subárea dedicada especificamente à análise de minerais, cuja estrutura foi modelada para atender toda a sequência analítica envolvida nos ensaios. Diante da capacidade analítica instalada atualmente, é possível executar o preparo de diferentes tipos de amostras por meio de procedimentos baseados nos métodos de digestão ácida sob aquecimento convencional, solubilização ácida, calcinação em forno mufla, digestão ácida assistida com radiação micro-ondas e extração sob agitação orbital.

No que diz respeito à quantificação, o laboratório conta com uma instrumentação analítica moderna, tendo a sua disposição equipamentos que permitem a quantificação dos elementos por técnicas de espectrometria de absorção no ultravioleta-visível (UV-Vis), espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS, do inglês *flame atomic absorption spectrometry*), fotometria de emissão em chama, e espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES, do inglês *inductively coupled plasma - optical emission spectrometry*).

Na maioria dos casos, as análises têm se concentrado na determinação de elementos como sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn). No entanto, as frentes de atuação não se limitam apenas a estes minerais, visto que o LAFQ busca atender aos interesses de estudos com foco em elementos específicos, como cromo (Cr), alumínio (Al), silício (Si), níquel (Ni) e cobalto (Co), considerando a demanda de diversos projetos de pesquisa da Unidade e em parceria com outras instituições.

Proteína cultivada: uma nova fronteira do conhecimento

O crescimento populacional global, combinado com desequilíbrios demográficos e socioeconômicos, especialmente nos países em desenvolvimento, e o

aumento da longevidade na maioria das nações, têm intensificado a pressão sobre os sistemas alimentares. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) destacou a necessidade de um aumento de 70% na produção de alimentos para atender à demanda de uma população mundial estimada em 10 bilhões de pessoas até 2050 (FAO, 2022). A falta de nutrição adequada frequentemente provoca desequilíbrios ou a baixa qualidade de certos itens alimentares. Nesse contexto, garantir o direito universal de acesso a alimentos em quantidade e qualidade adequadas, aliados à segurança e ao suporte nutricional completo, é essencial para promover uma vida saudável.

Os conceitos de segurança alimentar e inocuidade dos alimentos representam desafios significativos que exigem esforços conjuntos de cientistas, produtores de carne, governos e agências reguladoras. Além disso, transformações socioeconômicas e fatores externos, como guerras, pandemias e catástrofes ambientais, têm imposto novas barreiras à produção e distribuição de alimentos. Assim, é crucial investir na pesquisa e no desenvolvimento de metodologias alternativas para a produção de commodities alimentares.

Na última década, o mercado tem testemunhado mudanças expressivas na demanda do consumidor e avanços na inovação de produtos à base de proteínas alternativas. Entre as alternativas mais promissoras está a agricultura celular, um setor emergente que busca oferecer uma produção sustentável de proteínas animais, eliminando a necessidade do abate de animais. A carne cultivada, produzida a partir de culturas de células animais, destaca-se como uma solução capaz de enfrentar desafios globais urgentes, como a escassez de alimentos, mudanças climáticas e o crescimento populacional. No entanto, a técnica ainda enfrenta obstáculos tecnológicos substanciais.

Em 2021, a Embrapa Suínos e Aves colocou em funcionamento um laboratório dedicado ao cultivo de células-tronco embrionárias e adultas de frango. Com a aprovação do projeto Whole-cut Chicken Analogs from Massive Dynamic Cocoon-like Bacterial Cellulose Tissue-engineering Constructs, financiado pelo The Good Food Institute (GFI), duas salas de cultivo foram adaptadas para o desenvolvimento de análogos de filé de peito de frango. Nesse projeto, células-tronco adultas e embrionárias de frango foram induzidas à diferenciação em adipócitos e osteócitos. Para a produção de carne cultivada neste trabalho, foi utilizado a nanocelulose bacteriana (BNC) como *scaffold*, fornecendo estrutura e textura semelhantes à carne tradicional.

A BNC foi sintetizada como hidrogel a partir da cultura in vitro da bactéria *Novacetimonas hansenii*. As células-tronco mesenquimais foram obtidas de ovos férteis de aves livres de patógenos específicos (SPF) e cultivadas em formatos 2D e 3D, sendo posteriormente integradas à BNC em forma de esferoides. O resultado

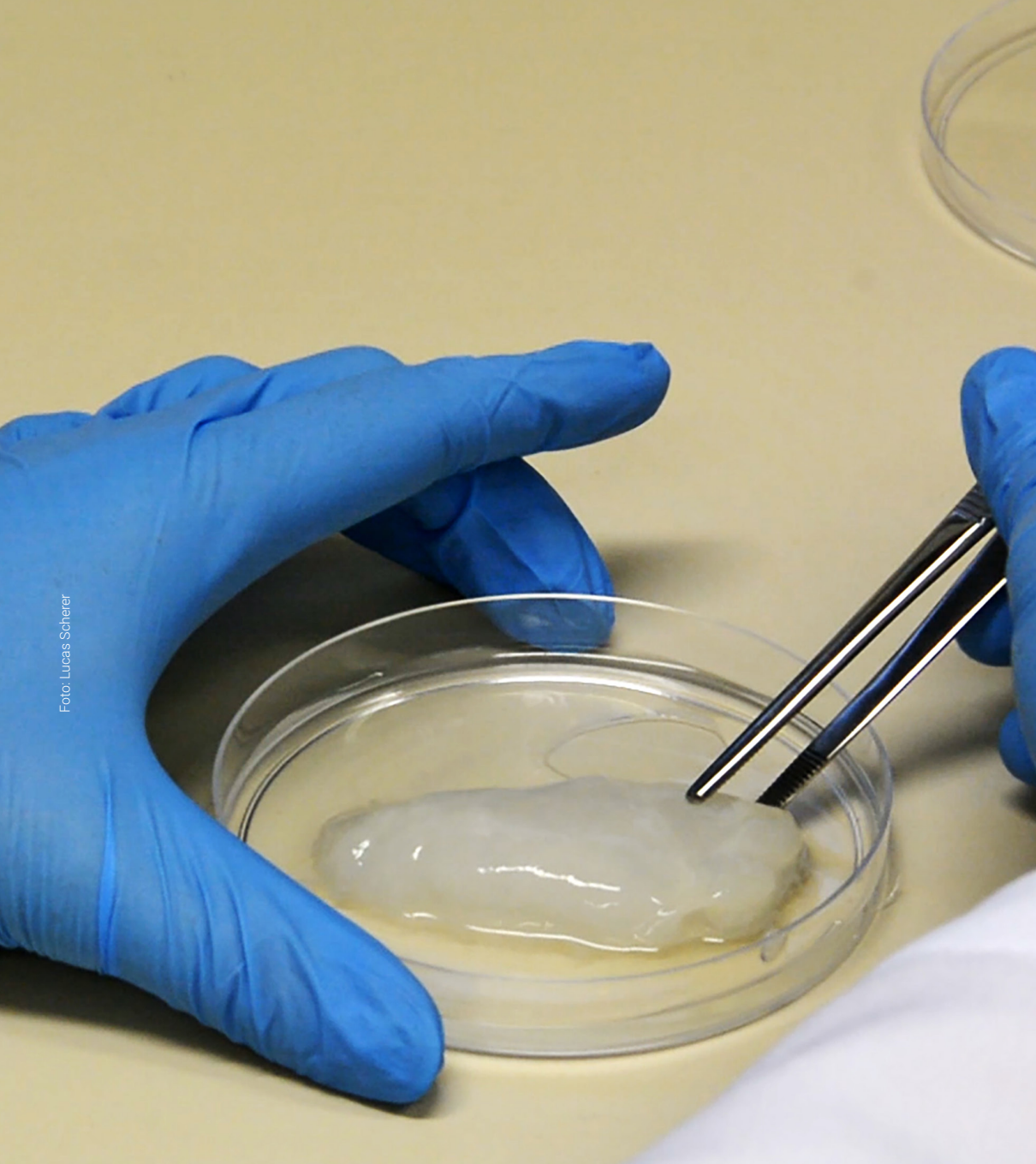

Foto: Lucas Scherer

Figura 20.3. Protótipo de carne de frango cultivada, desenvolvido com cocultivo de células em 2D e 3D.

foi um protótipo de carne de frango cultivada, desenvolvido com cocultivo de células em 2D e 3D (Figura 20.3). Análises visuais revelaram semelhanças significativas com a carne convencional, representando um avanço promissor no desenvolvimento de alternativas sustentáveis à produção de carne.

Dando continuidade, em 2024 foram iniciados outros projetos com grandes avanços tecnológicos. Como uma tecnologia emergente, o fluxo para a produção de carne cultivada está em construção e o processo de produção ainda tem diversas etapas passíveis de inovação e melhoria em escala e custo. As etapas pré-definidas e utilizadas neste processo são: (1) isolamento/aquisição de células e a proliferação celular inicial em ambiente de laboratório onde serão estimuladas e nutridas; (2) proliferação e expansão em larga escala das células de interesse em um biorreator; (3) indução de diferenciação ou formação de tecido muscular/adiposo (maturação); (4) plaqueamento das células em um *scaffold* (arcabouço) ou microcarreador de tecido biocompatível e/ou biocomestível; e (5) derivação de um produto de carne cultivada após a maturação das células cultivadas, compreendendo o processamento em produtos alimentares finais, seja não estruturados (como hambúrgueres, linguiça, salsichas, nuggets) ou estruturados como bifes e filés tipo "corte inteiro".

Nessa proposta, as cinco etapas foram realizadas, trabalhando com células-tronco que foram diferenciadas em miócitos (células bovinas e células de frango) e adipócitos (suína). Essas células foram expandidas em um sistema de cultura em suspensão em biorreatores e *spinners*, no qual as células foram plaqueadas em microcarregadores (MCs). Os microcarreadores são estruturas com alta razão área de superfície/volume e que fornecem suporte adequado para expansão celular. MCs comestíveis foram desenvolvidos e minuciosamente caracterizados, discutindo assim seu uso potencial como plataforma de expansão celular e a viabilidade do novo conceito de MCs comestíveis de origem vegetal para o design de produtos cárneos cultivados. Por fim, as células foram expandidas em *spinners* e biorreator para a formação de uma carne não estruturada.

Embora ainda enfrente barreiras tecnológicas, econômicas e regulatórias, a proteína cultivada está gradualmente consolidando seu papel como uma solução viável para o futuro da alimentação. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, aliados à colaboração entre cientistas, empresas e órgãos reguladores, são essenciais para superar esses desafios. À medida que a tecnologia avança, a proteína cultivada tem o potencial de preencher importantes lacunas do sistema alimentar global .

Ativos digitais prestam serviços para variados públicos

A era digital, iniciada no começo do século XXI, é caracterizada pela adoção de tecnologia da informação em escala crescente. No campo, ela evidenciou-se de forma mais marcante a partir da transformação digital que deu início à fase conhecida como Agricultura 4.0, quando tecnologias como inteligência artificial, *machine learning*, *blockchain*, *big data*, computação em nuvem, robotização, automação, sistemas de informação geográfica, entre outras, passaram a ser empregadas na produção de alimentos.

Acompanhando essa evolução, a Embrapa Suínos e Aves vem produzindo e disponibilizando ativos digitais para as mais diversas finalidades, de forma independente ou por meio de parcerias. Embora algumas iniciativas já tivessem ocorrido nas décadas anteriores, como é o caso dos softwares ATEPROS (para o cálculo de coeficientes econômicos das granjas de suínos) e o Suicalc (para o cálculo do custo de produção de suínos), o Jogo do Meio Ambiente foi um dos primeiros ativos digitais disponibilizados na década de 2000. Seu lançamento ocorreu em 2006. Acessível pela web, o software apresentava uma série de informações sobre tratamento de dejetos e sustentabilidade de granjas de suínos. Dez anos depois, em 2016, o software ganhou uma nova versão, recebendo o nome de Desafio Ecogranja. Além de receber atualizações, tanto no conteúdo, quanto na tecnologia utilizada, a gamificação foi utilizada de forma mais consistente. Em pouco mais de oito anos, o Desafio Ecogranja foi utilizado mais de 60 mil vezes.

Em 2011, a Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) foi desenvolvida e lançada. A ferramenta, acessada pela web, apresenta estatísticas, mapas e infográficos sobre produção e custos de frangos, suínos e ovos. Já em 2014, a Unidade lançou seu primeiro *app*, o Granucalc Mobile. O aplicativo é a versão para smartphones Android do software Softgran, criado em 1999 para utilização em computadores Windows. O Granucalc é utilizado para o cálculo do diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de milho moído. Ele também avalia se a moagem está adequada para a alimentação de aves e suínos. As versões mais recentes incluem novos métodos de avaliação e novos recursos, como a possibilidade de realizar o controle de qualidade do alimento. A atualização da versão para Windows ocorreu um ano antes.

No ano seguinte, 2015, a Unidade desenvolveu e lançou o Energcalc, um software para computadores Windows cuja função é o cálculo de energia metabolizável em experimentos de nutrição com animais. Além de ser utilizado nos experimentos internos, a disponibilização do Energcalc contribuiu com outras organizações que trabalham com experimentação animal. Seguindo a tendência da

mobilidade, outros aplicativos foram desenvolvidos e lançados em 2016: DiagSui, que auxilia na identificação de doenças em suínos; Conforcalc, para avaliação do conforto térmico em aviários; e Custo Fácil, que permite estimar o custo de produção, a rentabilidade e a geração de caixa dos produtores de suínos e aves. Em 2024, o aplicativo Ater+ Digital, uma ferramenta para facilitar a assistência técnica e extensão rural, foi desenvolvido em parceria com a empresa Maneje Bem.

A participação da Unidade na elaboração de políticas públicas também foi facilitada através do desenvolvimento de ativos digitais. O Sistema Integrado de Manejo de Fauna (Simaf), por exemplo, desenvolvido em 2013, é um sistema de informação geográfica (SIG) utilizado pelo Ibama para gerenciar as licenças emitidas para o controle da população de javalis em território nacional (tema desenvolvido em maior profundidade no Capítulo 7). O sistema também armazena os dados das atividades de controle realizadas pelos licenciados, gerando informações valiosas para subsidiar tomadas de decisão com relação ao controle dessa espécie invasora.

Outro caso de sucesso é o Sistema de Gestão Ambiental da Suinocultura (SGAS), lançado em 2017. O SGAS é um SIG desenvolvido pela Unidade que permite dimensionar a produção de suínos de acordo com a capacidade do produtor de tratar e destinar corretamente os dejetos dos animais (este assunto também foi abordado no capítulo 15). Além de contribuir para a sustentabilidade ambiental da suinocultura, ele facilita o processo de licenciamento ambiental e gera informações importantes para a definição de políticas públicas.

Em 2020, um novo ativo digital foi desenvolvido para auxiliar a cadeia produtiva de suínos na busca pela sustentabilidade ambiental. Trata-se do GeoFert, um sistema de informação geográfica cujo objetivo é auxiliar na gestão da prestação de serviços de distribuição de dejetos suínos em lavouras, incluindo o registro das coordenadas geográficas onde essas atividades ocorreram de fato. O sistema atua na etapa pós-licenciamento ambiental, permitindo que produtores de suínos comprovem a correta destinação dos dejetos e que os órgãos ambientais possam fiscalizar a prática, comparando com o que foi acordado antes do licenciamento. O GeoFert foi validado em escala piloto em 2021 e está em processo de transferência para comercialização por um parceiro privado.

A Embrapa foi responsável pela capacitação da equipe da parceira e pela definição dos modelos de Ater. A Maneje Bem ficou com o desenvolvimento do protótipo funcional e sua implementação em escala piloto. Os resultados previstos foram de apoio à inovação, divididos em duas instâncias. A primeira focou na capacitação e atualização tecnológica de agentes multiplicadores da Maneje Bem e a formalização de um contrato de licenciamento e exploração comercial com o uso da marca Tecnologia Embrapa. A segunda gerou um software para clientes

externos, facilitando a assistência técnica e extensão rural on-line, abrangendo as temáticas de produção de ovos e adubação com dejetos suínos, disponibilizado no portal Maneje Bem[1].

O software Maneje Chat, com o objetivo de facilitar a assistência técnica e extensão rural on-line, passou a abranger as temáticas produção de ovos e adubação com dejetos suínos. Dentro desta iniciativa, foi desenvolvido um módulo de produção de ovos, contemplando mural com orientações técnicas e acompanhamento de indicadores zootécnicos e financeiros da produção, bem como *dashboard* para acesso aos dados dos lotes.

Em 2023, a Unidade adotou o uso da realidade virtual para transferência de conhecimento. O primeiro ambiente virtual desenvolvido para o metaverso da Unidade foi o TEC-DAM, que demonstra algumas das principais tecnologias para destinação de animais mortos. O uso da realidade virtual permite que os interessados obtenham informações de modo imersivo, com uso de óculos de realidade virtual, visualizando ambientes e objetos como se estivessem em um ambiente real, o que não seria possível devido às restrições de acesso a uma granja/propriedade.

O ano de 2024 foi marcado pelo desenvolvimento de duas importantes ferramentas digitais. A primeira delas foi o ABC+Calc, um sistema de informação desenvolvido em parceria com o Instituto 17, para estimar e monitorar as emissões de GEE associadas ao manejo de resíduos da produção animal no Brasil. A segunda foi o BiosSui, um sistema de informação geográfica que auxilia na avaliação da biosseguridade em granjas de suínos, possibilitando compreender os principais riscos presentes em cada uma delas, bem como a adoção de medidas para reduzi-los.

Também em 2024, iniciou-se o uso de inteligência artificial na solução de problemas das cadeias produtivas de aves e suínos. Aplicações utilizando visão computacional para detecção e avaliação de pragas da avicultura e ameaças à biosseguridade estão em desenvolvimento e devem estar disponíveis para uso em breve. Além disso, também foram iniciados estudos para o desenvolvimento de modelos de *machine learning* capazes de prever a ocorrência de doenças nos plantéis. Por sua vez, em 2025, a Unidade iniciou o desenvolvimento de um novo ativo digital para melhorar a rastreabilidade do sêmen de suínos por meio do uso de *blockchain*. A tecnologia é fundamental para garantir o registro correto da origem e destinação do material, além de impedir possíveis fraudes.

Os últimos 15 anos foram marcados por um crescimento sem precedentes na oferta de soluções que utilizam tecnologias digitais pela Embrapa Suínos e Aves. A complexidade dos problemas que ainda precisam ser superados, aliada

[1] https://www.manejebem.com.br

ao conhecimento sobre as cadeias produtivas e ao advento de tecnologias como *deep learning*, colocam a Unidade em uma posição privilegiada para continuar contribuindo no desenvolvimento de ativos digitais voltados ao ganho de produtividade, ao aumento na competitividade da avicultura e suinocultura e ao desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis.

Referências

COSTA, F. G. P.; GOULART, C. C. Exigências de aminoácidos para frangos de corte e poedeiras. In: WORKSHOP DE NUTRIÇÃO DE AVES, 2., 2010, João Pessoa. **Anais**... João Pessoa: UFPB, 2010.

ENOKIDA, C. H.; TAPPARO, D. C.; ANTES, F. G.; STEINMETZ, R. L. R.; MAGRINI, F. E.; SOPHIATTI, I. V. M.; PAESI, S.; KUNZ, A. Anaerobic codigestion of livestock manure and agro-industrial waste in a CSTR reactor: operational aspects, digestate characteristics, and microbial community dynamics. **Renewable Energy**, v. 238, p. 1-12. DOI: 10.1016/j.renene.2024.121865.

FAO. 2022. **Food safety aspects of cell-based food: background document one**: terminologies. Rome, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.4060/cc2241en. Acesso em: 11 abr. 2025.

FEDDERN, V.; SCHEUERMANN, G. N.; COLDEBELLA, A.; GRESSLER, V.; BEDENDO, G. C.; CARON, L.; PEDROSO, A. C.; BACILA, D. M.; CUNHA JR., A. Nicarbazin Residue in Tissues from Broilers Reared on Reused Litter Conditions. **Animals**, v. 12, p. 3107, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ani12223107.

FORNAZIER, R.; RIBEIRO JUNIOR, V.; ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C.; FEDDERN, V.; SILVA, D. L.; SERAFINI, S.; PETROLLI, T. G.; PAIANO, D.; CALDERANO, A. A.; BOIAGO, M. M.; ROSTAGNO, H. S. Prebiotic composed of yeast (Saccharomyces cerevisiae) cell wall improves performance in broiler diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, e20230162, 2024. DOI: https://doi.org/10.37496/rbz5320230162.

GRESSLER, V.; FRANZEN, A. R. L.; DE LIMA, G. J. M. M.; TAVERNARI, F. C.; DALLA COSTA, O. A.; FEDDERN, V. Development of a readily applied method to quantify ractopamine residue in meat and bone meal by QuEChERS-LC-MS/MS. **Journal of Chromatography B** - Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, v. 1015-1016, p. 192-200, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.01.063.

KRABBE, E. L. A já consagrada fitase: uma visão sob outro ângulo. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1211, ano 103, n. 5, p. 12-21, 2012.

LIMA, M. A.; VIEIRA, R. F.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; PACKER, A. P. Inventários de emissão de gases de efeito estufa (GEE) na agricultura e pecuária. In: **Agricultura & meio ambiente**: a busca pela sustentabilidade. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 1010 p.

LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Alternativas ao milho na fabricação de rações para a avicultura. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1317, ano 113, n. 3, p. 10-19, 2022.

MANZKE, N. E.; PALHARES, J. C. P.; LIMA, G. J. M. M. de (org.). Nutrição de precisão e manejo alimentar como formas de reduzir a poluição ambiental dos resíduos gerados na produção de suínos e aves. In: PALHARES, J. C. P. (org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 2016. v. 1, p. 133-144.

MICHELON, W.; MATTHIENSEN, A.; VIANCELLI, A.; FONGARO, G.; GRESSLER, V.; SOARES, H. M. Removal of veterinary antibiotics in swine wastewater using microalgae-based process. **Environmental Research**, v. 207, p. 112192, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112192.

MEDEIROS, A. de S.; FONTANA, A.; PIRES, A. M. M.; VENTURIERI, A.; NICOLOSO, R. da S. Inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. In: QUARTA Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF: MCTI, 2020. p. 83-185.

OLIVEIRA, L. V.; HIGARASHI, M. M.; NICOLOSO, R. S.; COLDEBELLA, A. Use of dicyandiamide to reduce nitrogen loss and nitrous oxide emission during mechanically turned co-composting of swine slurry with sawdust. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, p. 2567–2579, 2020. DOI: 10.1007/s12649-019-00616-x.

STEINMETZ, R. L. R.; MEZZARI, M. P.; DA SILVA, M. L. B.; KUNZ, A.; DO AMARAL, A. C.; TÁPPARO, D. C.; SOARES, H. M. Enrichment and acclimation of an anaerobic mesophilic microorganism's inoculum for standardization of BMP assays. **Bioresource Technology**, v. 219, p. 21-28, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.031.

CAPÍTULO 21

Estatística e ciência de dados na pesquisa em suínos e aves

Arlei Coldebella, Maurício Egídio Cantão,
Alfredo Ribeiro de Freitas e Waldomiro Barioni Júnior

Estatística e ciência de dados na pesquisa em suínos e aves

A Embrapa Suínos e Aves sempre teve a área de estatística e ciência de dados como um norte para o planejamento, a execução e a finalização de seus trabalhos de pesquisa, visando obter qualidade científica robusta nos projetos desenvolvidos. No início, a grande preocupação era a estruturação física da Unidade, criação de laboratórios, campos experimentais e, principalmente, a busca por recursos humanos, período em que houve muitas contratações e transferências de pesquisadores. Nesta época, já havia grande demanda de pesquisas e, consequentemente, maior preocupação com a área de métodos quantitativos, com foco na estatística experimental, amostragem, coleta de dados, análise exploratória de dados quantitativos e qualitativos, delineamentos clássicos, como inteiramente casualizado (IC) e blocos casualizados (BC), regressão, curvas de crescimento, análises multivariadas e análise econômica. Outra preocupação estava na capacitação e treinamento de profissionais da área de métodos quantitativos, o que levou a Unidade a investir muito nessa área, possibilitando que a equipe participasse de cursos, treinamentos, workshops e eventos.

Na metade da década de 1980, o Setor de Métodos Quantitativos e Informática (SMQ) da Embrapa Suínos e Aves, concentrado em análises de dados, também tinha a incumbência de participar na elaboração e desenvolvimento de projetos de pesquisa. Realizava ainda prestação de serviços, tais como treinamento e processamento na área técnico-administrativa, assessoramento

à equipe multidisciplinar de pesquisadores e desenvolvimento de software. O SMQ possuía uma estrutura computacional bem simples comparada aos dias atuais, contando com os seguintes equipamentos para o tratamento de dados: três microcomputadores de 8 bits (Polimax), cinco microcomputadores de 16 bits (PCs) e um supermicrocomputador de 16/32 bits (EDISA), com quatro terminais e seis impressoras. Todos os microcomputadores possuíam winchester e memória expandida. A equipe utilizava o ControlProgram/Monitor (CP/M), sistema operacional desenvolvido pela Digital Research Inc. para ser usado com os processadores Intel 8080 e MS-DOS, acrônimo de Microsoft Disk Operating System, sistema operacional usado na linha de computadores IBM PC.

A área de métodos quantitativos incluía a estatística experimental e a economia, com a finalidade de dar suporte e apoio ao planejamento experimental e análise dos dados nas áreas de pesquisa da Unidade. Quanto aos recursos humanos, o primeiro profissional da área de estatística a atuar na Embrapa Suínos e Aves foi o pesquisador Alfredo Ribeiro de Freitas (agrônomo que atuou de 1978-1987). Na sequência, os pesquisadores Antônio Lourenço Guidoni (agrônomo, 1984-2011), Flávio Bello Fialho (engenheiro agrícola; 1989-2003) e Waldomiro Barioni Junior (estatístico, 1989-2004) foram contratados. No início dos anos 2000, eram três pesquisadores atuando na área, além do pesquisador Arlei Coldebella (Médico-veterinário, 2002-atual). No final da década 2010, a analista Luziane Franciscon (estatística, 2007-2009) foi contratada em substituição ao pesquisador Waldomiro Barioni Junior, transferido para a Embrapa Pecuária Sudeste. Finalmente, em 2009 a analista Letícia dos Santos Lopes (estatística, 2009-atual) foi contratada para atuar na unidade em substituição à analista Luziane, transferida para a Embrapa Florestas. Outra área contemplada na ciência de dados, a bioinformática, foi suprida pela contratação do pesquisador Maurício Egídio Cantão (processamento de dados, 2011-atual).

Organização dos métodos quantitativos na Unidade

O trabalho da área de Estatística na Embrapa Suínos e Aves dependia também de uma organização central, na Sede, em Brasília (DF). Neste sentido, vale destacar que um pesquisador fundamental e preocupado com a qualidade dos resultados das pesquisas da Embrapa, desde a sua implantação até os dias atuais, é Eliseu Roberto de Andrade Alves. Ele promoveu um dos grandes avanços da área de métodos quantitativos com a criação do Departamento de Métodos Quantitativos da Embrapa (DMQ), em 7 de dezembro de 1976. O DMQ contava com uma equipe de profissionais voltada para a ciência da computação, matemática computacional, tecnologia da informação e modelagem computacional. O

objetivo principal era dar suporte e assessoria no desenvolvimento de softwares e recursos para comunicação de dados, dentre outros.

Uma ação bastante relevante do DMQ na Embrapa era o programa estratégico de consultoria nacional e internacional que a empresa adotava para as diferentes áreas, com objetivo de suprir conhecimentos que faltavam nas Unidades e favorecer a incorporação destes conhecimentos pelos pesquisadores. Neste programa, o DMQ contava com consultores renomados, na maioria professores de universidades de destaque do Brasil e do exterior. A Embrapa Suínos e Aves teve a consultoria de professores de universidades do País, bem como de universidades do exterior. Nas consultorias internacionais, destacaram-se as contribuições de especialistas da França e de Portugal, especialmente nos trabalhos relacionados à identificação dos "fatores de riscos" associados a patologias multifatoriais em projetos de suinocultura (sanidade animal), aplicando a metodologia dos estudos ecopatológicos ligados à área de epidemiologia quantitativa. Nestes estudos, a Análise de Correspondência Múltipla era a principal técnica estatística na definição dos fatores de riscos associados a uma patologia multifatorial.

Outro avanço fundamental na área de métodos quantitativos ocorreu em 1976, quando a Embrapa adquiriu licença do *Statistical Analysis System* (SAS), usado até os dias de hoje. O software SAS, conhecido como Sistema de Análise Estatística, foi criado na Universidade do Estado da Carolina do Norte, EUA, como um projeto para analisar dados de pesquisas agrícolas. Como a demanda por esse tipo de software cresceu significativamente, em 1976 foi fundado o Instituto SAS, com o objetivo de ajudar todos os tipos de clientes – desde as empresas farmacêuticas e bancos até entidades acadêmicas e governamentais.

Na Embrapa, o primeiro curso do SAS, organizado pelo DMQ, foi em 1978 em Brasília, na sede da empresa. Nessa época, os dados para análise estatística eram enviados das unidades descentralizadas para a sede da empresa via malote (Figura 21.1). Depois, passaram a ser enviados por meio da Rede Nacional de Comunicação de Dados por Comutação de Pacotes (Renpac), disponibilizada pela Embratel. Um fato interessante, na época, era a exigência da descrição detalhada da metodologia estatística que seria utilizada nos projetos de pesquisas das diferentes áreas. Neste item, era descrito o modelo estatístico utilizado na análise, o delineamento experimental, as hipóteses de estatística a serem a testadas, a unidade experimental, o número de repetições, a descrição das técnicas de estatística, nível descritivo de significância e o pacote estatístico para análise dos dados.

Na época, na Embrapa havia a junção dos métodos quantitativos e computação científica (MQCC), que era uma reunião das ciências exatas - matemática, Estatística, Pesquisa Operacional e Computação, abrangendo as áreas de Esta-

Figura 21.1. Meios de armazenamento utilizados ao longo das décadas para envio de dados às centrais de processamento.

tística Aplicada, Econometria, Matemática Aplicada, Inteligência Computacional, Visualização Científica e Biometria. Tratava-se de uma abordagem científico-metodológica da pesquisa e os processos de decisão em condições de incerteza, que também suscitava, estudava, propunha e incorporava novos paradigmas intrínsecos à sua natureza de estudo.

Apesar dos grandes avanços dos MQCC na Embrapa, surgiram retrocessos significativos. A partir de 1987, a Diretoria Executiva (DE) criou, na estrutura centralizada da Embrapa, o Departamento de Informática (DIN) e extinguiu o DMQ (Embrapa, 1987). Considerando que a Embrapa fazia parte do consórcio para implantação e desenvolvimento do Projeto Fábrica de Software, no Centro Tecnológico para Informática (CTI), em Campinas (SP), também por meio de decisão da DE criou-se o Núcleo Tecnológico para Informática Agropecuária (NTIA) (Embrapa, 1985).

Dessa forma, a Embrapa simplesmente extinguiu o DMQ e criou duas Unidades de Informática (NTIA), uma em Campinas (Embrapa, 1985) e a oura, o DIN, na Sede (Embrapa, 1987). O NTIA, a partir de 1993, passou a ser chamado Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura (CNPTIA), depois Embrapa Informática Agropecuária e atualmente Embrapa Agricultura Digital. Com a criação do NTIA, parte dos pesquisadores da área de MQCC, principalmente estatísticos, foram alocados em Campinas, no Núcleo Tecnológico recém-criado. Nesse período, com o projeto Fábrica de Software, surgiu a possibilidade de desenvolver o Software Científico (SOC), um software voltado à realidade da Embrapa para ser executado em PCs, que substituiria o SAS.

Na época, alguns pesquisadores foram para os Estados Unidos, onde ficaram durante um ano para aprimoramento de conhecimentos em engenharia de software, que foi fundamental para o desenvolvimento do SOC. Esse software era composto por módulos, que abrangiam desde o planejamento de experimentos à análise estatística de dados, em modelos de delineamentos experimentais, de tratamentos, amostras, etc. À medida que os módulos eram finalizados e testados pela equipe, ocorriam reuniões com usuários, geralmente estatísticos da empresa, para utilização do software, com dados oriundos dos ensaios experimentais dos centros de pesquisa da Embrapa. O SOC chegou a ser distribuído às unidades descentralizadas e outras instituições de ensino e pesquisa. Porém, foi desativado depois de um certo período de uso. Consequentemente, a Embrapa teve que continuar usando o SAS, realizando a renovação da licença anualmente.

Com a ausência de uma coordenação central, houve falta de interação entre os profissionais atuantes em métodos quantitativos. Várias ações foram tomadas para reintegrar e reagrupar esses pesquisadores, mas não obtiveram sucesso. Em 2003, foi criado um Grupo de Trabalho para formular uma proposta

para o estabelecimento de condições que possibilitassem o planejamento, a coordenação e a orientação de atividades de MQCC para a Embrapa. Em 2004, surgiu, sob a coordenação da Secretaria de Gestão Estratégica (SGE), o Núcleo de Gestão Tecnológica em Métodos Quantitativos e Computação Científica. Porém, por falta de representatividade administrativa e orçamento, o Núcleo e suas ações não foram adiante.

Fatos relevantes e resultados obtidos pela Estatística

Sessão Temática Embrapa permanece atuante na RBRAS até hoje

O Setor de Métodos Quantitativos da Embrapa Suínos e Aves, com apoio da Embrapa Sede, organizou e coordenou a primeira Sessão Temática Embrapa, instituída em 2001, durante a 46ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS) e 9º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (Seagro), ocorrida na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Piracicaba (SP). Nesse evento, a Embrapa teve papel fundamental, viabilizando a participação de mais de 20 profissionais. Essa sessão permanece na programação da RBRAS e Seagro até hoje.

Levantamento Agropecuário de Santa Catarina (2003 e 2004)

A Embrapa Suínos e Aves teve papel relevante na organização e aplicação do primeiro Levantamento Agropecuário de Santa Catarina (LAC), executado entre setembro de 2003 e março de 2004. A Unidade foi responsável pela organização do banco de dados e pelas análises dos dados obtidos, gerando informações importantes e detalhadas sobre a produção agropecuária catarinense naquele período. Alguns dados podem ser encontrados na publicação Levantamento Agropecuário de Santa Catarina 2002-2003 (Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 2005). Posteriormente, com base nos dados do LAC, foram iniciados os trabalhos para realização do ordenamento da suinocultura, em associação às demais atividades agrícolas para o estado de Santa Catarina.

Esse censo foi realizado por meio de um convênio envolvendo Governo do Estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Centrais de Abastecimento do Estado de Santa Catarina (Ceasa/SC), Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (Instituto CEPA/SC), Banco

Mundial, Embrapa, Federação Catarinense dos Municípios (Fecam), FEPA, Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia (Funcitec), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Secretarias de Estado de Desenvolvimento Regional, Associação Catarinense das Fundações Educacionais (Sistema Acafe), Fundação Educacional de Brusque (Febe), Centro Universitário de Jaraguá do Sul (Ferj), Universidade Regional de Blumenau (Furb), Universidade do Contestado (UNC), Universidade do Planalto Catarinense (Unesc), Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí (Unidavi), Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac), Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul), Universidade do Vale do Itajaí (Univali), Universidade da Região de Joinville (Univille) e Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc).

Contribuições para a experimentação com frangos de corte

A prática de realizar experimentos de desempenho com frangos de corte por meio de delineamentos experimentais em blocos ao acaso, no qual se confunde o peso dos animais com a localização no aviário experimental, surgiu na Embrapa Suínos e Aves a partir de 1995 (Guidoni et al., 1995), sendo reforçado em 2010 (Coldebella et al., 2010), quando se demonstrou a necessidade e a importância da utilização de blocos em experimentos com frangos de corte. A utilização de blocagem por peso inicial em experimentos de desempenho de frango de corte é importante para aumentar a precisão experimental, possibilitando detectar diferenças significativas menores entre tratamentos do que em delineamentos inteiramente ao acaso. Essas diferenças, ainda que pequenas, são importantes quando se trata de grandes produções de frangos, onde poucos gramas podem gerar perdas ou lucros expressivos. Dessa forma, percebe-se a importância da experimentação em blocos e as diferenças positivas que ela apresenta em relação à experimentação ao acaso.

Outra contribuição relevante para a experimentação com frangos de corte diz respeito à amostragem dentro de cada unidade experimental (ou box) para avaliar o peso dos cortes após o abate. Trabalho realizado por Guidoni et al. (1995) demonstrou que abater uma única ave com peso próximo ao peso médio do box (ou unidade experimental) é mais representativo do que realizar o abate de dez aves aleatoriamente. A partir disso, experimentos realizados na Embrapa Suínos e Aves geralmente fazem uso deste conhecimento, até porque reduzem muito a necessidade de mão de obra para a realização do abate e obtenção das respectivas avaliações.

Outros estudos (Lopes et al., 2016) também demonstraram que a variabilidade entre unidade experimentais se mantém próxima, mesmo quando se amostra uma única ave, desde que ela tenha peso próximo ao peso médio da

unidade experimental. Também demostraram existir forte correlação linear do peso de cortes desta ave com a média de seis aves da mesma unidade experimental.

Modelos matemáticos para predição de variáveis de interesse

A modelagem matemática para predição de variáveis de interesse é de fundamental importância para o entendimento mais apurado dos fenômenos envolvidos ou para criar valor a partir das avaliações realizadas. Nesse sentido, o trabalho da área de estatística da Embrapa Suínos e Aves foi de fundamental importância para o desenvolvimento de equações para classificação de carcaças de suínos, associada a equações para pagamento por qualidade de carcaça. Tal trabalho está detalhado no livro de Vilas-Boas et al. (2011).

Em outro campo, o da produção de ovos, foi desenvolvido um modelo matemático para estimar curvas de produção de ovos com precisão, cujos parâmetros têm fácil interpretação prática. Esse modelo permite a comparação de diferentes curvas, predição da produção total usando registros parciais e permite uma análise mais detalhada do ciclo de produção de ovos (Fialho; Ledur, 2000).

Outros dois trabalhos (Fialho, 1999; 2002) também merecem ser citados como importantes para o meio científico e, mesmo, produtivo. No primeiro, mostrou-se de forma didática a interpretação da curva de Gompertz para descrever o crescimento de animais e tecidos, enquanto no segundo trabalho foi demonstrado o uso genérico das funções de transição para uso em modelagem. A metodologia para estimar o peso de carcaça de frangos de corte a partir do peso vivo foi explicitada no Comunicado Técnico 582 (Coldebella et al., 2021a) e serviu de base para o IBGE revisar e atualizar os registros de peso de carcaça de frangos divulgados na Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, cuja série histórica iniciou em 1997.

Contribuições da Estatística para ações voltadas a políticas públicas

Nos últimos anos, a Embrapa Suínos e Aves envolveu-se diretamente, por demanda do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), através do Departamento de Origem de Produtos Animais (Dipoa), no auxílio à formulação de políticas públicas ligadas a este departamento. Notadamente, sustentou através de análises consistentes de dados a inspeção com base em risco para carne suína e para carne de frangos (mais informações nos Capítulos 8 e 13). Esses novos procedimentos de inspeção estão normatizados pela Instrução Normativa (IN) nº 79/2018 (Brasil, 2018) e pela Portaria nº 736/2022 (Brasil, 2022b), respectivamente para suínos e frangos, bem como pela Portaria nº 1023/2024 (Brasil, 2024), que normatiza o controle microbiológico no processo de abate de frangos de corte.

O detalhamento dos trabalhos realizados está publicado em opiniões científicas disponibilizadas pela Embrapa Suínos e Aves (Kich et al., 2019; Caron et al., 2024). No bojo dos estudos para a modernização dos sistemas de inspeção de suínos e aves no Brasil, vale citar os trabalhos que tratam do abate e condenações de suínos e aves registrados no Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal (Coldebella et al., 2018a; 2018b; 2021b).

Outra legislação que teve papel crucial da Embrapa Suínos e Aves, cujos trabalhos demandaram a efetiva participação da equipe de métodos quantitativos, foi a atualização da Instrução Normativa nº 32/2010 (Brasil, 2010) para a Portaria nº 557/2022 ((Brasil, 2022a), que versam sobre a composição em água e proteína de cortes de carne de frangos. O trabalho científico para a atualização dos parâmetros de água e proteína na carne de frangos foi demandado pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) e executado pela Embrapa Suínos e Aves, com parceria direta com o Mapa, devido à necessidade de avaliar possíveis alterações na composição da carne de frangos, principalmente, pelo progresso genético.

Bancos de dados na Embrapa e também no ambiente produtivo

Em 2015, a Embrapa criou o Sistema de Informação de Experimentos (SIExp), o qual permite armazenar qualquer dado experimental obtido pela empresa, de forma padronizada e segura, possibilitando o reúso dos dados no futuro. A Embrapa Suínos e Aves participou ativamente do desenvolvimento e implantação do SIExp na Embrapa. Entende-se que esse sistema agrega valor aos dados obtidos pela pesquisa, tornando-os corporativos e maximizando o uso dos mesmos ao longo do tempo.

Nas empresas e cooperativas produtoras de suínos e aves, o volume de dados armazenados relativos aos lotes produtivos é cada vez maior e mais detalhado. Isso possibilita identificar fatores que afetam o desempenho produtivo e sanitário dos lotes, agregando melhoria contínua aos sistemas produtivos. Parcerias entre as empresas privadas e a Embrapa permitiram trabalhar os dados armazenados por meio de equipes multidisciplinares e especializadas neste tipo de avaliação.

Exemplos desse tipo de interação podem ser verificados nos trabalhos com centrais de coleta de sêmen de suínos (Rocha et al., 2024), com desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção para frangos de corte (Trentin et al., 2024) e com identificação de fatores de risco para o aumento do custo com medicamentos no crescimento e terminação de suínos (Coldebella et al., 2022), dentre outros. Esses trabalhos, além de fornecerem informações relevantes para a melhoria do sistema produtivo, identificaram lacunas de pesquisa e desenvolvimento que necessitam de novas abordagens.

Juntamente com as bases de dados, o uso da internet tem avançado bastante no meio produtivo, o que agregará cada vez mais dados às avaliações e tomadas de decisão. No futuro próximo, provavelmente, a maioria das decisões cotidianas que envolvem a produção de aves e de suínos será subsidiada pela aquisição e avaliação automática de dados, gerando uma decisão que será implementada de forma automatizada no sistema, por meio de inteligência artificial.

Bioinformática e suas aplicações para suínos e aves

A biologia moderna está passando por uma revolução tecnológica, impulsionada pelos avanços no sequenciamento de alto desempenho e outras tecnologias ômicas. Essa transformação resulta na geração de grandes volumes de dados biológicos, alterando fundamentalmente como compreendemos e estudamos os seres vivos. Essa nova era da ciência é marcada pela possibilidade de desvendar processos biológicos com um nível de detalhe sem precedentes, com impactos que vão desde a biologia básica até a aplicação prática na saúde, agricultura e meio ambiente.

Essa revolução é especialmente significativa na pesquisa aplicada à produção animal. Tecnologias multiômicas, como genômica, transcriptômica e metagenômica, permitem explorar a genética de populações, o melhoramento genético, a saúde, a nutrição e a interação dos animais com o ambiente. No entanto, transformar esses volumes de dados em informações úteis requer ferramentas e abordagens avançadas de análise. Nesse cenário, a bioinformática emerge como uma área que oferece soluções inovadoras para coletar, armazenar, processar e interpretar dados biológicos gerados pelas novas tecnologias. Suas aplicações vão desde a identificação de genes associados a características de interesse até a modelagem de redes metabólicas e a análise de padrões de expressão gênica.

A aplicação da bioinformática na Embrapa Suínos e Aves foi inserida nos últimos anos em trabalhos diversos, evidenciando sua importância em projetos que abrangem desde a genética molecular até a sustentabilidade ambiental. Resultados recentes demonstraram como essa área tem promovido a inovação e fortalecido a pesquisa agropecuária, abrindo novas perspectivas para o futuro.

Bioinformática é essencial para enfrentar desafios da biologia

A bioinformática é uma área interdisciplinar que combina biologia, ciência da computação, estatística e matemática para analisar e interpretar dados biológicos. Com o avanço das tecnologias de sequenciamento de DNA e a geração de grandes volumes de dados, a bioinformática tornou-se indispensável para a compreensão dos processos biológicos e para impulsionar o avanço do conhe-

cimento científico. Sua importância está na capacidade de transformar dados brutos, cada vez mais complexos e volumosos, em informações úteis e aplicáveis em diversas áreas, como biomedicina, biotecnologia, agropecuária, entre outras.

Para transformar grandes volumes de dados em conhecimento útil, são desenvolvidas ferramentas computacionais, algoritmos e bancos de dados que viabilizam o armazenamento, organização, análise e interpretação de resultados, como sequências de DNA, RNA e proteínas. Entre as aplicações mais conhecidas estão a montagem de genomas, a identificação de genes, o estudo de relações evolutivas, a modelagem de estruturas proteicas e a análise de grandes conjuntos de dados provenientes de áreas multiômicas.

A bioinformática é essencial para enfrentar os desafios da biologia moderna e suas contribuições incluem a aceleração de pesquisas científicas, a identificação de genes associados a características específicas, a compreensão de doenças complexas, como o câncer e doenças genéticas, e o desenvolvimento de terapias personalizadas. O desenvolvimento contínuo de novas tecnologias torna a bioinformática uma área extremamente dinâmica e em constante evolução. Esse progresso impulsiona a criação de programas e algoritmos cada vez mais avançados, com o objetivo de alcançar resultados mais precisos, eficientes e inovadores.

Em suma, a bioinformática não é apenas uma ferramenta, mas uma abordagem essencial para desvendar o controle genético dos fenótipos de interesse na agropecuária e a influência do sistema produtivo sobre os animais, transformando dados biológicos em conhecimento e oferecendo soluções inovadoras para os desafios mais complexos da ciência contemporânea.

Resultados ligados à bioinformática na Embrapa Suínos e Aves

Nos últimos anos, a bioinformática tem assumido um papel estratégico na Embrapa Suínos e Aves, impulsionando e fortalecendo as pesquisas voltadas à produção animal. Sua aplicação tem se expandido de forma significativa, contribuindo para avanços em áreas fundamentais como melhoramento genético, sustentabilidade, manejo ambiental, epidemiologia e saúde animal. Esses progressos são alcançados por meio de projetos que integram abordagens baseadas em genômica, transcriptômica e metagenômica, destacando o potencial transformador da bioinformática no entendimento e na solução de desafios complexos da agropecuária moderna.

Até o momento desta publicação, a Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA)[1] registra uma expressiva produção científica relacionada à bioinfor-

[1] https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br

mática na Embrapa Suínos e Aves. Essa produção abrange 61 artigos publicados em periódicos indexados, 41 resumos em anais de congressos, 38 artigos em anais de congressos, dois artigos de divulgação na mídia, duas publicações na Série Documentos e um capítulo em livro técnico-científico. Esses trabalhos foram desenvolvidos com o suporte de ferramentas de bioinformática, abordando temas diversos, com destaque para problemas metabólicos em suínos e frangos de corte, melhoramento genético animal e patógenos, como o vírus da influenza A, circovírus, senecavírus, *salmonella*, *pasteurella*, entre outros microrganismos.

A ampla aplicação da bioinformática nesses estudos (incluindo montagem de genomas, transcriptomas e metilomas, mapeamento de genes, análise de associação genômica e estudos de expressão gênica) evidencia sua importância como base tecnológica para a pesquisa agropecuária. Assim, a bioinformática vem contribuindo para a geração de conhecimento científico e inovação no setor. Esses resultados destacam a integração estratégica da bioinformática às pesquisas da Embrapa Suínos e Aves, impulsionando avanços científicos e tecnológicos que fortalecem a produção animal. Com uma produção científica ampla e diversificada, essa área promove inovações que impactam a produtividade, a sustentabilidade e o bem-estar animal, consolidando-se como indispensável para o futuro da agropecuária.

Diversos interesses de pesquisa são abordados pela bioinformática

A bioinformática tem sido uma aliada fundamental em diversos projetos estratégicos desenvolvidos pela Embrapa Suínos e Aves, com impacto direto na inovação e na eficiência da produção animal. Os conceitos de bioinformática vem sendo aplicados em investigações diversas aplicadas pela Unidade. Exemplos são pesquisas sobre miopatias e condições metabólicas em frangos, identificação de fatores genéticos relacionados a hérnias e criptorquidismo em suínos e em estudos genômicos voltados ao melhoramento genético de aves. Além disso, destaca-se o seu papel na análise de resíduos de suínos para promover sustentabilidade e na vigilância epidemiológica do vírus influenza A em suínos. Esses são apenas alguns exemplos dos trabalhos desenvolvidos na Embrapa com o uso da bioinformática, que segue ampliando sua importância como ferramenta estratégica para a pesquisa e a inovação agropecuária.

Miopatias e condições metabólicas em frangos de corte

Conforme abordado no Capítulo 10, nos últimos anos, a Embrapa Suínos e Aves tem conduzido diversos projetos de pesquisa utilizando a tecnologia RNA-Seq em suas análises. Um exemplo é sua aplicação em frangos de corte, permitindo a

identificação de genes associados a condições metabólicas importantes, como a necrose da cabeça do fêmur, uma condição esquelética degenerativa comum em aves de rápido crescimento (Hul et al., 2021). Essas descobertas aprofundam a compreensão dessa patologia e auxiliam no entendimento dos mecanismos moleculares subjacentes, abrindo caminho para o desenvolvimento de estratégias preventivas e promovendo melhorias no bem-estar dos animais nas granjas.

Em frangos de corte, as miopatias peitorais são alterações que impactam o valor comercial da carne devido a mudanças na textura e aparência. Elas também levantam questões relacionadas ao bem-estar animal. As miopatias peitorais *white striping* e *wooden breast* foram estudadas utilizando tecnologias de avaliação de expressão gênica por meio da análise de RNA-Seq e microRNAs (miRNAs) com potencial atuação na regulação dessas condições. Por meio de análises utilizando ferramentas de bioinformática, foi possível identificar transcritos (Padilha et al., 2021) e miRNAs diferencialmente expressos em frangos saudáveis e em aves afetadas por essas miopatias (Marchesi et al., 2019). Além disso, as análises revelaram vias metabólicas importantes que são potencialmente moduladas por esses miRNAs, oferecendo novas perspectivas sobre os mecanismos moleculares dessas duas condições.

Genes candidatos para criptorquidismo e pesquisas com transcriptoma

Na área da genômica, a bioinformática tem desempenhado um papel importante ao viabilizar a montagem e a anotação de genomas em diferentes espécies, possibilitando a criação de mapas detalhados do DNA, incluindo a identificação de regiões codificantes de genes. Esses avanços expandem o conhecimento sobre a estrutura genética das espécies e abrem caminhos para aplicações práticas e direcionadas, como a identificação de genes relacionados a características específicas ou condições de saúde.

Em suínos, estudos genômicos têm avançado na compreensão de problemas reprodutivos e doenças estruturais. Um estudo utilizando a abordagem de sequenciamento de exoma identificou genes candidatos relacionados ao criptorquidismo unilateral, uma condição que afeta a descida testicular e compromete a reprodução (Silva et al., 2023). Em pesquisas com transcriptoma, foram identificados mecanismos genéticos associados a condições como hérnias umbilicais (Romano et al., 2020) e escrotais (Souza et al., 2020), destacando a regulação de genes musculares e outros fatores envolvidos no desenvolvimento dessas anomalias. Essas condições, que comprometem a saúde dos suínos, impactam negativamente tanto o bem-estar animal quanto a eficiência reprodutiva e produtiva, representando desafios significativos para a suinocultura.

Estudos de associação genômica em aves identificam regiões específicas

Em frangos, estudos de associação genômica ampla identificaram regiões específicas do DNA que influenciam características multifatoriais, como a eficiência alimentar (Marchesi et al., 2021) e a deposição de gordura (Moreira et al., 2018). Essas descobertas, realizadas por abordagens como a associação genômica ampla (do inglês, *genome-wide association studies* - GWAS) em conjunto com análises de bioinformática, possibilitaram a identificação de regiões e genes candidatos com potencial uso em programas de melhoramento genético. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de estratégias que aumentem a produtividade de forma sustentável, ao mesmo tempo em que asseguram o bem-estar animal, promovendo avanços mais precisos e eficientes no setor avícola.

Ferramentas de bioinformática auxiliam a identificar microrganismos

A sustentabilidade na produção animal tem se tornado uma prioridade cada vez mais relevante, especialmente no que diz respeito ao manejo de resíduos. Para isso, projetos que envolvem análises de metagenoma têm desempenhado um papel importante ao desvendar a estrutura das comunidades microbianas envolvidas em processos de tratamento de efluentes (Bonassa et al., 2022). Por meio do sequenciamento do gene 16S rRNA, em conjunto com ferramentas de bioinformática e bancos de dados específicos, é possível identificar microrganismos-chave envolvidos nos processos biológicos de tratamento de resíduos da suinocultura e avicultura, contribuindo para torná-los ambientalmente seguros. No tratamento de águas residuais, processos como o Anammox utilizam microrganismos específicos para a remoção eficiente de nitrogênio, reduzindo o impacto ambiental e promovendo práticas mais sustentáveis na produção animal.

Identificação rápida de variantes virais de relevância epidemiológica

As doenças respiratórias representam uma ameaça constante para a produção de suínos, especialmente no caso das patologias causadas por infecção com vírus zoonóticos. Esses vírus, além de representar riscos aos animais, também afetam a saúde pública. Um exemplo marcante foi o surto de influenza pandêmica H1N1 em 2009, que evidenciou como a interação entre humanos e suínos facilita a emergência e a disseminação de novas variantes virais (Junqueira et al., 2023). Esses eventos demonstraram a dinâmica bidirecional de transmissão humano-suína, criando um ambiente propício para o surgimento de cepas que podem escapar de imunidades pré-existentes, tanto em humanos quanto em animais.

Nesse contexto, a bioinformática emerge como uma ferramenta importante para o monitoramento genômico, permitindo a rápida identificação de variantes virais de relevância epidemiológica. A aplicação de sequenciamento genômico e análises filogenéticas possibilitam a detecção precoce de mutações com potencial de adaptação ou aumento de patogenicidade. Assim, a integração de dados genômicos em programas de vigilância é fundamental para prevenir novos surtos e minimizar os impactos das zoonoses respiratórias na saúde global e na economia agropecuária.

Protagonismo da bioinformática se consolida de várias formas

Na Embrapa Suínos e Aves, a bioinformática tem sido protagonista em diversas inovações científicas que atendem aos desafios da produção animal. Por meio da análise de dados genômicos, transcriptômicos e metagenômicos, foi possível identificar genes candidatos relacionados a condições metabólicas, reprodutivas e estruturais, contribuindo para melhorar a saúde e o bem-estar dos animais, além de aumentar a eficiência produtiva. Essas descobertas também promoveram práticas mais sustentáveis, alinhadas às exigências ambientais e econômicas.

A aplicação da bioinformática vai além da genética animal. No manejo de resíduos da produção animal, as análises metagenômicas têm ajudado a identificar microrganismos-chave em processos biológicos que tornam os efluentes mais seguros e sustentáveis. Na vigilância epidemiológica, o monitoramento genômico de patógenos, como o vírus da influenza A, fortaleceu a capacidade de prever e mitigar riscos à saúde animal e humana, contribuindo para a segurança sanitária global e para a competitividade do setor.

À medida que a bioinformática avançou, consolidaram-se oportunidades de transformar a produção animal de forma ainda mais integrada e inovadora. As pesquisas realizadas pela Embrapa Suínos e Aves demonstraram como a aplicação estratégica dessa ciência pode gerar soluções com impacto global, desde o aprimoramento genético até a sustentabilidade dos sistemas de produção. Ao superar desafios tecnológicos e investir na formação de profissionais capacitados, a bioinformática se estabeleceu como uma aliada indispensável para construir uma agropecuária moderna, sustentável e consciente, capaz de atender às demandas de uma sociedade em constante evolução.

Embora a bioinformática tenha um impacto significativo, essa área enfrenta desafios que precisam ser superados para ampliar ainda mais seu potencial. Um dos principais obstáculos é o crescente volume de dados biológicos gerados por tecnologias de sequenciamento de alto desempenho, que demandam não apenas infraestrutura robusta para armazenamento e processamento, mas também

ferramentas computacionais cada vez mais avançadas. Além disso, a integração de dados de diferentes ômicas (genômicos, transcriptômicos, proteômicos, metabolômicos e metagenômicos) continua sendo uma tarefa complexa, mas indispensável para obter uma visão abrangente dos mecanismos biológicos envolvidos na produção animal. Outro desafio é a formação de profissionais qualificados para atuar em um campo multidisciplinar. A bioinformática requer especialistas capazes de combinar conhecimentos em biologia, genética, ciência da computação, estatística e matemática, além de promover colaborações entre biólogos, veterinários, zootecnistas e cientistas de dados.

Apesar desses desafios, o potencial da bioinformática na pesquisa agropecuária é imenso e promissor. À medida que investimentos em infraestrutura tecnológica e capacitação profissional se expandirem, a bioinformática se consolidará como uma das áreas estratégicas para o futuro da agropecuária. Com seu caráter integrador e seu impacto crescente, ela continuará a ser um pilar essencial para a construção de sistemas produtivos mais eficientes, sustentáveis e alinhados às exigências de uma sociedade em constante evolução. Finalmente, pelo que foi relatado neste artigo, fica evidente a importância da área de métodos quantitativos no planejamento, interpretação e conclusão de dados de pesquisa.

Referências

BARIONI JÚNIOR, W. **Análise de correspondência na identificação dos fatores de risco associados à diarreia e à performance de leitões na fase de lactação**. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BONASSA, G.; VENTURIN, B.; BOLSAN, A.C.; HOLLAS, C.E.; CANDIDO, D.; RODRIGUES, H.C.; CANTAO, M.E.; IBELLI, A.M.G.; DE PRA, M.C.; ANTES, F.G.; KUNZ, A. Performance and microbial features of Anammox in a single-phase reactor under progressive nitrogen loading rates for wastewater treatment plantsJ. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, n. 107028, 2022. DOI: 10.1016/j.jece.2021.107028.

BRASIL . Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 79 de 14 de dezembro de 2018. Aprova os procedimentos de inspeção ante e post mortem de suínos com base em risco. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 241, p. 4-7, 17 dez. 2018. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_79-2018_inspe%C3%A7%C3%A3o_ante_e_post_mortem_em_su%C3%ADnos.pdf. Acesso em: 7 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 32 de 03 de dezembro de 2010. Estabelecer os parâmetros para avaliação do Teor de Água Contida nos Cortes de Frangos, resfriados e congelados. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 233, p. 15, 7 dez. 2010. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=15&data=07/12/2010. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n° 557 de 30 de março de 2022. Aprova os parâmetros para avaliação do teor total de água contida em carcaças e cortes frango. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 62, 31 mar. 2022a. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-557-de-30-de-marco-de-2022-389824103. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 736, de 29 de dezembro de 2022. Aprova os procedimentos para a adesão dos abatedouros frigoríficos registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ao Sistema de Inspeção com Base em Risco aplicável aos frangos de corte. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 246, p. 25, 30 dez. 2022b. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-sda-n-736-de-29-de-dezembro-de-2022-454816449. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1.023, de 29 de fevereiro de 2024. Aprova os procedimentos para a avaliação microbiológica do desempenho higiênico-sanitário do processo de abate de frangos de corte em Abatedouros Frigoríficos registrados no Serviço de Inspeção Federal - SIF, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e Pecuária. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 43, p. 6, 4 mar. 2024a. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=04/03/2024&jornal=515&pagina=6&totalArquivos=228. Acesso em: 1 abr. 2025..

CARON, L.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; KINDLEIN, L.; DUARTE, S. C. (ed). **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de frango de corte**: inspeção baseada em risco: opinião científica. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 247 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 245).

COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; MORES, M. A. Z.; DUARTE, S.C.; CARON, L. **Abate e condenações de aves do gênero Gallus**: registros do sistema de informações gerenciais do Serviço de Inspeção Federal de 2012 a 2019. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021b. 30 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 223).

COLDEBELLA, A.; CARON, L.; ALBUQUERQUE, E. R.; VIANA, A. L. P. **Avaliação dos dados de abate e condenações de aves registrados no Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal nos anos de 2012 a 2015**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018a. 44 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 195).

COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; ALBUQUERQUE, E. R.; BUOSI, R. J. **Avaliação dos dados de abate e condenações/desvios de suínos registrados no Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal nos anos de 2012 a 2014**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018b. 127 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 198).

COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; MARIN, G. B.; MIELE, M. **Número de origens como principal fator de risco associado ao aumento do custo com medicamentos no crescimento e terminação de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 7 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 597).

COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; GUIDONI, A. L. A blocagem por peso inicial em experimentos com frangos de corte aumenta a precisão experimental. In: In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 55.; REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO ARGENTINA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 15., 2010, Florianópolis. **Anais**... Florianópolis, 2010.

COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; CARON, L.; CUNHA JUNIOR, A. **Método para estimar o peso de carcaça fria em função do peso vivo de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021a. 7 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 582).

EMBRAPA. Cria o Departamento de Informática (DIN) e extingue o Departamento de Métodos Quantitativos (DMQ). Deliberação n. 007/87, de 25 de fevereiro de 1987. Fica criado, na estrutura centralizada da EMBRAPA, como Unidade Técnico Administrativa, o Departamento de Informática-DIN. **Boletim de Comunicação Administrativa**, Brasília, DF, n. 7, 12 mar. 1987.

EMBRAPA. Resolução Normativa n. 149/85, de 1° de novembro de 1985. Cria o Núcleo Tecnológico para Informática Agropecuária - NTIA. **Boletim de Comunicação Administrativa**, Brasília, DF, n. 37, 1 nov. 1985.

FIALHO, F. B. **Funções de transição para uso em Modelagem**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2002. 5 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado técnico, 310).

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. 4 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 237).

FIALHO, F. B.; LEDUR, M. C. **Modelo matemático para curvas de produção de ovos**. Concórdia : Embrapa Suínos e Aves, 2000. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 256).

GUIDONI, A. L.; ROSA, P. S.; BRUM, P. A. R. Tamanho ideal da amostra na experimentação com frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. **Anais**... Curitiba: FACTA, 1995. p. 299-300.

HUL, L. M.; IBELLI, A. M. G.; SAVOLDI, I. R.; MARCELINO, D. E. P.; FERNANDES, L. T.; PEIXOTO, J. O.; CANTAO, M. E.; HIGA, R. H.; GIACHETTO, P. F.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. Differentially expressed genes in the femur cartilage transcriptome clarify the understanding of femoral head separation in chickens. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-13. 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-97306-3.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Levantamento agropecuário da Santa Catarina**: 2002-2003: dados preliminares: fevereiro de 2005. Florianópolis: Instituto CEPA, 2005. 255 p.

JUNQUEIRA, D. M.; TOCHETTO, C.; ANDERSON, T. K.; GAVA, D.; HAACH, V.; CANTAO, M. E.; BAKER, A. L. V.; SCHAEFER, R. Human-to-swine introductions and onward transmission of 2009 H1N1 pandemic influenza viruses in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, article 1243567, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1243567.

KICH, J. D.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; CARDOSO, M.; CORBELLINI, L. G.; COSTA, E. F. **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de suínos:** inspeção baseada em risco: opinião científica. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 178 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 204).

LOPES, L. S.; LIBANO, L.; ÁVILA, V. S.; SUREK, D.; COLDEBELLA, A.; KRABBE, E. L. Amostragem em ensaios com frangos de corte considerando variáveis de abate. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1252, n. 2, p. 58-60, 2016.

MARCHESI, J. A. P.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. O.; CANTÃO, M. E.; PANDOLFI, J. R. C.; MARCIANO, C. M. M.; ZANELLA, R.; SETTLES, M. L.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C.Whole transcriptome analysis of the pectoralis major muscle reveals molecular mechanisms involved with white striping in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 2, p. 590-601, 2019. DOI: 10.3382/ps/pey429.

MARCHESI, J. A. P.; ONO, R. K.; CANTÃO, M. E.; IBELLI, A. M. G.; PEIXOTO, J. de O.; MOREIRA, G. C. M.; GODOY, T. F.; COUTINHO, L. L.; MUNARI, D. P.; LEDUR, M. C. Exploring the genetic architecture of feed efficiency traits in chickens. **Scientific Reports**, v. 11, n. 4622, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-84125-9.

MOREIRA, G.C.M.; BOSCHIERO, C.; CESAR, A.S.M.; REECY, J.M.; GODOY, T.F.; TREVISOLI, P.A.; CANTÃO, M.E.; LEDUR, M.C.; IBELLI, A.M.G.; PEIXOTO, J.O.; MOURA, A.S.A.M.T.; GARRICK, D., COUTINHO, L.L. A genome-wide association study reveals novel genomic regions and positional candidate genes for fat deposition in broiler chickens. **BMC Genomics**, v. 19, n. 374, 2018. DOI: 10.1186/s12864-018-4779-6.

PADILHA, S. F.; IBELLI; A. M. G.; PEIXOTO, J. O; CANTÃO, M. E.; MOREIRA, G. C. M.; FERNANDES, L. T.; TAVERNARI, F. C.; MORÉS, M. A. Z; BASTOS, A. P. A.; DIAS, L. T.; TEIXEIRA, R. A.; LEDUR, M. C. Novel candidate genes involved in an initial stage of white striping development in broiler chickens. **Animals**, v. 14, n. 16, p. 2379, 2024. DOI: 10.3390/ani14162379.

ROCHA, J. C.; ROSA, E. R.; QUIRINO, M.; MARQUES, M. G.; BENNEMANN, P. E.; COLDEBELLA, A.; RAUBER, L. P.; SCHWEGLER, E.; MOREIRA, F.; PERIPOLLI, V.; LUCIA JUNIOR, T.; BIANCHI, I. Quality control of semen processing in boar studs: a Brazilian scenario. **Scientia Agrícola**, v. 81, p. 1-10, 2024. DOI: 10.1590/1678-992X-2023-0164.

ROMANO, G. de S.; IBELLI, A. M. G.; LORENZETTI, W. R.; WEBER, T.; PEIXOTO, J. de O.; CANTAO, M. E.; MORES, M. A. Z.; MORÉS, N.; PEDROSA, V. B.; COUTINHO. L. L.; LEDUR, M. C. Inguinal ring RNA sequencing reveals downregulation of muscular genes related to scrotal hernia in pigs. **Genes**, v. 11, n. 117, 2020. DOI: 10.3390/genes11020117.

SILVA, A. N. da; IBELLI, A. M. G.; SAVOLDI, I. R.; CANTAO, M. E.; ZANELLA, E. L.; MARQUES, M. G.; SILVA, M. V. G. B.; PEIXOTO, J. de O.; LEDUR, M. C.; LOPES, J. S.; VARGAS, J. E.; ZANELLA, R. Whole-exome sequencing indicated new candidate genes associated with unilateral cryptorchidism in pigs. **Sexual Development**, v. 17, n. 1, p. 56-66, 2023. DOI: 10.1159/000528360.

SOUZA, M. R.; IBELLI, A. M. G; SAVOLDI, I. R.; CANTÃO, M. E.; PEIXOTO, J. O.; MORES, M. A. Z.; LOPES, J. .; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. Transcriptome analysis identifies genes involved with the development of umbilical hernias in pigs. **PLoS One**, v. 15, n. 5, e0232542, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0232542.

TRENTIN, A.; TALAMINI, D. J. D.; COLDEBELLA, A.; PEDROSO, A. C.; GOMES, T. M. A. Technical and economic performance favours fully automated climate control broiler housing. **British Poultry Science**, v. 2024, p. 1-8, 2024. DOI: 10.1080/00071668.2024.2394182.

VILAS-BOAS, J.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 470 p.

Literatura recomendada

GOMES, E. G. Geraldo da Silva e Souza: um legado de ética científica e alegria. **Revista Política Agrícola**, v. 31, n. 4, 2022.

OLIVEIRA, A. C. de. Organização e infra-estrutura de métodos quantitativos em unidades de pesquisa. In: ENCONTRO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS DA EMBRAPA, 1., 1982. Brasília, DF. **Memória**... Brasília, DF: EMBRAPA-DMQ, 1982. p. 339-343.

PELOSO, A. L. **Uma alternativa de uso da RENPAC para a EMBRAPA**. Campinas: EMBRAPA, NTIA, 1988. (EMBRAPA, NTIA. Comunicado técnico, 6).

RODRIGUES, L. O. R.; LAZZARETTI, D. **Centro Nacional de Pesquisa de Suinos e Aves-CNPSA**: Estrutura e Funcionamento. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1989. 47 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 16).

SAS INSTITUTE. **Featured Topics from SAS**. Disponível em: <http://www.sas.com>. Acesso em: 7 nov. 2024.

Em 2025, a Embrapa Suínos e Aves celebra 50 anos como referência em inovação, pesquisa científica e progresso social para a suinocultura e avicultura brasileiras. Desde sua fundação em Concórdia, SC, consolidou-se como elo entre ciência, Estado e setor produtivo. Suas contribuições incluem vacinas, tecnologias para uso de resíduos, avanços genéticos, nutrição animal e formulação de políticas públicas. Destacam-se ainda ações recentes, como a modernização da inspeção sanitária e melhorias no licenciamento ambiental. Estudo de 2025 mostra que a Embrapa respondeu por 50% do progresso tecnológico na avicultura e 74% na suinocultura nas últimas décadas. Reconhecida por seu impacto, segue comprometida com desafios como a redução do uso de antimicrobianos, mudanças climáticas e integração à pecuária 5.0.

Esta obra resgata os últimos 15 anos da trajetória da Embrapa Suínos e Aves, complementando o livro Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves, de 2011. Uma história renovada, inspiradora e de resultados que seguem transformando as cadeias de aves e suínos no Brasil.

Ciência e sustentabilidade: nossa história, nosso futuro

Embrapa

9 786554 671002

CGPE 19099