

# RAÍZES, CIÊNCIA E TRANSFORMAÇÃO

50 anos de inovação da Embrapa Suínos e Aves

*Jean Vilas-Boas*  
*Monalisa Leal Pereira*  
Editores Técnicos

**Embrapa**

The logo consists of the word "Embrapa" in a bold, italicized, white sans-serif font. To the right of the text is a white graphic element: a stylized, rounded shape that resembles a lowercase 'e' or a leaf, partially overlapping the text.



*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 Tavernari*

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

Revisão de texto  
*Jean Vilas-Boas, Monalisa Leal Pereira,  
Sandra Camile Almeida Mota e Vicky Lilge  
Kawski*

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

## 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.

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 frigorífico.

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.

“As pesquisas em **segurança dos alimentos** trataram de temas como controle de salmonelose, cama de aviário, antimicrobianos, flotado e *Campylobacter*.”

## 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 *Handbook 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 Schferer

**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 nº 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 Blesus

**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 tetraciclina 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 reuso 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 reuso 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 reuso 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 anticoccidiano, 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 biossegurança 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 nº 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=0%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](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 nº 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.; BELLAYER, 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](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.