

“Considero que tal publicação deva ser usada tanto no meio produtivo quanto no acadêmico. No meio produtivo, ajudará os técnicos e criadores a terem uma visão global de um programa de melhoramento genético aplicado em gado de corte. No acadêmico, em que há carência de bibliografia em melhoramento genético de animais domésticos nos trópicos, notadamente no idioma Português, a publicação atende tanto os cursos de graduação quanto os de pós-graduação em Ciências Agrárias do País. A Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal (SBMA) endossa e apóia tal iniciativa e parabeniza os editores e autores por obra de tamanha relevância para a pecuária de corte brasileira.”

Paulo Sávio Lopes

Presidente da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal – SBMA

MELHORAMENTO GENÉTICO

Aplicado em Gado de Corte

PROGRAMA GENEPLUS

Editores técnicos

Antonio do Nascimento Rosa
Elias Nunes Martins
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Luiz Otávio Campos da Silva

MELHORAMENTO GENÉTICO APLICADO EM GADO DE CORTE
PROGRAMA GENEPLUS

**MELHORAMENTO
GENÉTICO**

Aplicado em Gado de Corte

PROGRAMA GENEPLUS-EMBRAPA



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

MELHORAMENTO GENÉTICO

Aplicado em Gado de Corte

PROGRAMA GENEPLUS-EMBRAPA

Antonio do Nascimento Rosa

Elias Nunes Martins

Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes

Luiz Otávio Campos da Silva

Editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte

Avenida Rádio Maia, 830 – Zona Rural

CEP 79106-550 – Campo Grande, MS

Telefone: (67) 3368.2000

Fax: (67) 3368.2150

www.cnpgc.embrapa.br

sac@cnpgc.embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Gado de Corte

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Pedro Paulo Pires*

Secretário executivo: *Rodrigo Carvalho Alva*

Membros:

Andréa Alves do Egito

Elane de Souza Salles

Roberto Giolo de Almeida

Davi José Bungenstab

Guilherme Cunha Malafaia

Valdemir Antônio Laura

Supervisão editorial: *Rodrigo Carvalho Alva*

Normalização bibliográfica: *Elane de Souza Salles*

Foto da capa: *Luiz Otávio Campos da Silva*

Capa, diagramação e tratamento das ilustrações: *Rosane Guedes*

1ª edição

1ª impressão (2013): 1.000 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).

Direitos Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Gado de Corte

Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa / editores
técnicos: Antonio do Nascimento Rosa [et al]. Brasília, DF : Embrapa, 2013.
256 p. : il. color. ; 17 cm x 24 cm.

ISBN: 978-85-7035-256-9

1. Melhoramento genético animal. 2. Pecuária de corte. 3. Sustentabilidade. I. Rosa, Antonio
do Nascimento, ed. II. Martins, Elias Nunes, ed. III. Menezes, Gilberto Romeiro de Oliveira, ed.
IV. Silva, Luiz Otávio Campos da, ed. V. Embrapa Gado de Corte.

CDD 21.ed. 636.2

© Embrapa 2013



Autores

Adriane Lermen Zart

Médica-Veterinária, M.Sc., autônoma, Campo Grande, MS
adrizart@gmail.com

Alessandra Corallo Nicacio

Médica-Veterinária, D.Sc., Pesquisadora da Área de Reprodução e Produção Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
alessandra.nicacio@embrapa.br

Andrea Alves do Egito

Médica-Veterinária, D.Sc., Pesquisadora da Área de Genética Molecular e Melhoramento Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
andrea.egito@embrapa.br

Andrea Gondo

Analista de Sistemas, B.Sc., Analista da Embrapa Gado de Corte
andrea.gondo@embrapa.br

Andréa Roberto Duarte Lopes Souza

Zootecnista, D.Sc., em programa de pós-doutorado PNPd/CAPES -UFRPE, Recife, PE
andreadl_dagher@yahoo.com.br

Antonio do Nascimento Rosa

Engenheiro-Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
antonio.rosa@embrapa.br

Bruna da Conceição de Matos

Zootecnista, M.Sc., Técnica da Área de Avaliação de Carcaça e Qualidade da Carne, Designer Genes Technologies Brasil, Presidente Prudente, SP
dgtbr@dgtbr.com.br

Carlos Eurico dos Santos Fernandes

Médico-Veterinário, D.Sc., Professor de Patologia Geral, Centro de Ciências Biomédicas e da Saúde, UFMS, Campo Grande, MS
carlos.fernandes@ufms.br

Carmem Estefânia Serra Neto Zúccari

Médica-Veterinária, D.Sc., Professora Associada da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UFMS, Grupo de Estudos em Reprodução Animal/CNPq, Campo Grande, MS
carmem.zuccari@ufms.br

Cristian Rodolfo Feldkamp

Engenheiro-Agrônomo, D.Sc., Professor do Departamento de Economia da Produção da Faculdade de Ciências Agrícolas da Universidade de Concepción de Uruguay, Argentina, na área de Sistemas de Produção
cfeldkamp@crea.org.ar

Daniele Gonçalves de Araújo

Zootecnista, M.Sc., Grupo de Estudos em Reprodução Animal / CNPq, Campo Grande, MS
niele84@gmail.com.br

Dante Pazzanese Lanna

Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Professor Associado, Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal/ ESALQ-USP, Piracicaba, SP
dplanna@usp.br

Davi José Bungenstab

Médico-Veterinário, D.Sc., Pesquisador da Área de Sustentabilidade e Eficiência de Sistemas, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
davi.bungenstab@embrapa.br

Denise Baptaglin Montagner

Zootecnista, D.Sc., Pesquisadora da Área de Manejo de Pastagem e Produção Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
denise.montagner@embrapa.br

Eliane Vianna da Costa-e-Silva

Médica-Veterinária, D.Sc., Professora Associada da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UFMS, Grupo de Estudos em Reprodução Animal / CNPq, Campo Grande, MS
eliane.silva@ufms.br

Elias Nunes Martins

Engenheiro-Agrônomo, D.Sc., Professor Associado do Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, PR
enmartins@uem.br

Ériklis Nogueira

Médico-Veterinário, D.Sc., Pesquisador da Área de Reprodução e Produção Animal, Embrapa Pantanal, Corumbá, MS
eriklis.nogueira@embrapa.br

Fabiane Siqueira

Bióloga, D.Sc., Pesquisadora da Área de Genética Molecular e Melhoramento Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
fabiane.siqueira@embrapa.br

Fernando Flores Cardoso

Médico-Veterinário, Ph.D., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS
fernando.cardoso@embrapa.br

Fernando Paim Costa

Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Área de Economia Rural e Socioeconomia, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
fernando-paim.costa@embrapa.br

Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes

Zootecnista, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
gilberto.menezes@embrapa.br

Gisele Zocal Mingoti

Médica-Veterinária, Ph.D., Professora Adjunta da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista, Campus de Araçatuba, SP
gmingoti@fmva.unesp.br

Gustavo Guerino Macedo

Médico-Veterinário, D.Sc., Departamento de Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Grupo de Estudos em Reprodução Animal/CNPq, São Paulo, SP
gustavomacedo@usp.br

Jorge Murilo Suguisawa

Engenheiro Agrícola, M.Sc., com atuação na Área de Ultrassonografia Aplicada a Avaliação de Carcaça e Qualidade da Carne, Diretor Administrativo da Designer Genes Technologies Brasil, Presidente Prudente, SP
dgtbr@dgtbr.com.br

Kepler Euclides Filho

Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa, Brasília, DF
kepler.filho@embrapa.br

Leonardo Martín Nieto

Bacharel em Genética, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Programa Geneplus-Embrapa e Professor da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS
leonardo.nieto@geneplus.com.br

Liliane Suguisawa

Zootecnista, D.Sc., com atuação na Área de Ultrassonografia Aplicada a Avaliação de Carcaça e Qualidade da Carne, Diretora Técnica da Designer Genes Technologies Brasil, Presidente Prudente, SP
dgtbr@dgtbr.com.br

Luciana Correia de Almeida Regitano

Médica-Veterinária, D.Sc., Pesquisadora da Área de Genética Molecular e Melhoramento Animal, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP
luciana.regitano@embrapa.br

Luiz Antonio Josahkian

Zootecnista, B.Sc., Especialista em Produção de Ruminantes, Superintendente Técnico da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, ABCZ; Professor de Melhoramento Animal das Faculdades Integradas de Uberaba, Uberaba, MG
abczsut@abcz.org.br

Luiz Carlos Louzada Ferreira

Médico-Veterinário, M.Sc. autônomo, Campo Grande, MS
caio@ciapecuaria.com.br

Luiz Otávio Campos da Silva

Zootecnista, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
luizotavio.silva@embrapa.br

Marcos Mitsuo Sonohata

Zootecnista, M.Sc. pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS
sonohatamarcos@hotmail.com

Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva

Zootecnista, D.Sc., Pesquisador da Área Bioinformática e Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG
marcos.vb.silva@embrapa.br

Mariana de Aragão Pereira

Zootecnista, PhD., Pesquisadora da Área de Economia Rural e Socioeconomia, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
mariana.pereira@embrapa.br

Maurício Mello de Alencar

Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP
mauricio.alencar@embrapa.br

Michele Lopes do Nascimento

Engenheira-Agrônoma, D.Sc., em programa de pós-doutorado FAPESP, LNCA/ESALQ, USP, Piracicaba, SP
mlnascime@gmail.com

Paola Moretti Rueda

Zootecnista, D.Sc., Grupo de Estudos em Reprodução Animal/CNPq, Campo Grande, MS
paolamrueda@yahoo.com.br

Paulo Roberto Costa Nobre

Zootecnista, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Programa Geneplus-Embrapa, Campo Grande, MS
geneplus@geneplus.com.br

Paulo Sávio Lopes

Zootecnista, D.Sc., Professor Titular de Melhoramento Genético, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG
plopes@ufv.br

Pedro Veiga Rodrigues Paulino

Zootecnista, D.Sc., Gerente Global de Tecnologia de Bovinos de Corte, Nutron/Cargill, Goiania, GO
pedro_paulino@cargill.com

Roberto Augusto de Almeida Torres Junior

Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
roberto.torres@embrapa.br

Rodrigo da Costa Gomes

Zootecnista, D.Sc., Pesquisador da Área de Nutrição Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
rodrigo.gomes@embrapa.br

Sergio Raposo de Medeiros

Engenheiro-Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Área de Nutrição Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
sergio.medeiros@embrapa.br

Simone Frotas dos Reis

Zootecnista, D.Sc., em programa de pós-doutorado na Universidade de New Hampshire, NH, USA
simone.reis@agrocere.com

Tiago Zanett Albertini

Médico-Veterinário, D.Sc., em programa de pós-doutorado FAPESP, Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP
albertinitz@gmail.com

Urbano Gomes Pinto de Abreu

Médico-Veterinário, D.Sc., Pesquisador da Área de Produção Animal, Embrapa Pantanal, Corumbá, MS
urbano.abreu@embrapa.br

Valéria Pacheco Batista Euclides

Engenheira-Agrônoma, Ph.D., Pesquisadora da Área de Manejo de Pastagem e Produção Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
valeria.pacheco@embrapa.br

Vanessa Felipe de Souza

Médica-Veterinária, D.Sc., Pesquisadora da Área de Sanidade Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS
vanessa.felipe@embrapa.br



Apresentação

A Embrapa Gado de Corte atua em melhoramento genético de bovinos de corte desde sua fundação, em 1977. Foi pioneira, juntamente com a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, na criação e lançamento de sumários nacionais de touros e continua influenciando este segmento no Brasil e no mundo tropical.

Com o crescimento da pecuária nacional, os selecionadores passaram a demandar por informações mais detalhadas sobre os seus rebanhos, com inclusão das avaliações genéticas de matrizes e produtos, além dos touros. Calcada na experiência adquirida, a Embrapa Gado de Corte, em parceria com a Geneplus Consultoria Agropecuária Ltda., colocou à disposição da cadeia produtiva, em 1996, o Programa Geneplus-Embrapa. O Programa, dentre muitas atividades em melhoramento genético de bovinos de corte, oferta sistematicamente cursos de atualização técnica.

O conteúdo destes cursos foi estruturado, desde a sua primeira edição, em 1998, de tal forma que os conceitos de melhoramento genético sejam compreendidos dentro de um enfoque de sistema de produção que envolve, além de genética, aspectos de mercado, práticas de criação e gestão do negócio. Decorridos 17 anos e oferecidos 25 cursos, com atendimento de mais de mil usuários de todo o Brasil e de países vizinhos, os ensinamentos e o aprendizado no tema melhoramento genético de bovinos de corte foi se consolidando.

Hoje nos orgulha apresentar uma obra que congrega o conhecimento de muitos especialistas, da Embrapa e de Instituições parceiras, que atuam com sólida experiência e reconhecimento em suas áreas. Muitos desses conhecimentos foram construídos por esses profissionais.

Assim nasceu este livro.

Estruturado em 19 capítulos, apresenta os conceitos, os conhecimentos, as técnicas, as estratégias e visões de futuro de temas do melhoramento genético animal aplicado em gado de corte. Informações que vão desde os cenários da cadeia produtiva, perpassam pelos critérios de seleção, manejo nutricional, sanitário e avaliação zootécnica, até a genômica aplicada e o contexto ambiental, dentre outros.

Seguramente não teríamos espaço para sumarizar tanto conhecimento. Mais uma vez a Embrapa Gado de Corte, com o apoio de seus parceiros, cumpre a sua missão de viabilizar soluções tecnológicas sustentáveis para a cadeia produtiva da pecuária de corte em benefício da sociedade brasileira.

Convido-o a apreciar a obra.

Boa leitura!

Cleber Oliveira Soares
Chefe-Geral da Embrapa Gado de Corte





Prefácio

Esta publicação é fruto de vasta experiência de pesquisadores que atuam na área de Melhoramento Genético de Gado de Corte. O próprio título da obra, **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte – Programa Geneplus-Embrapa**, corrobora essa constatação.

São apresentados 19 capítulos em uma sequência didática e providencial que auxilia o leitor no entendimento holístico do assunto. Alguns capítulos podem, à primeira vista, dar impressão que não sejam da área de Melhoramento Genético, mas, ao lê-los, percebe-se que fazem parte integrante, direta ou indiretamente, do assunto.

O livro é dividido em três partes ou etapas de apresentação. A primeira, que compreende os Capítulos 1 a 9, engloba subáreas correlatas ao melhoramento; a segunda, Capítulos 10 a 14, trata do melhoramento genético propriamente dito; e a terceira, Capítulos 15 a 19, descreve técnicas específicas ou novos conceitos aplicados ao melhoramento genético de gado de corte.

A primeira parte inicia-se com a descrição dos cenários da cadeia produtiva da carne bovina no Brasil. No Capítulo 2, são abordados os recursos genéticos e as raças de maior importância econômica para o Brasil, bem como estratégias de melhoramento, quais sejam, escolha da raça melhor adaptada, formação de novas raças, cruzamentos e sistemas combinados. Um conceito amplo de ambiência, incluindo o comportamento do animal com vistas no aproveitamento da expressão máxima do potencial do indivíduo, tanto no aspecto produtivo como no reprodutivo, é abordado no Capítulo 3, e a aptidão reprodutiva de touros, no Capítulo 4. Estratégias de intensificação do sistema de produção que possibilitem a expressão do potencial genético dos animais são apresentadas no Capítulo 5 e, no Capítulo 6, verifica-se que a eficiência alimentar na produção de bovinos de corte é chave para aumentar as margens econômicas da atividade. No Capítulo 7, destaca-se que um adequado manejo sanitário do rebanho exerce papel de destaque na estrutura da cadeia produtiva. No Capítulo 8, enfatizam-se a importância do gerenciamento para os negócios rurais e algumas ferramentas de gestão desenvolvidas e disponibilizadas pela Embrapa Gado de Corte. No Capítulo 9, apresenta-se a ultrassonografia como ferramenta efetiva na avaliação de características de carcaça e qualidade da carne.

A segunda parte do livro trata do melhoramento genético propriamente dito. No Capítulo 10, encontram-se os critérios de seleção em gado de corte, ou seja, as características a partir das quais os indivíduos serão avaliados e, no Capítulo 11, são descritos pesos econômicos e índices de seleção para sistemas de produção. No Capítulo 12, é demonstrado como a avaliação genética é feita pelo uso das equações de modelos mistos na predição dos valores genéticos dos animais; no Capítulo 13, são dados conceitos básicos de melhoramento animal que permitem compreender melhor os resultados das avaliações genéticas, especialmente as DEPs; e, no Capítulo 14, é mostrado como os resultados das avaliações genéticas chegam aos criadores, por meio do sumário de avaliação genética.

A terceira parte inicia-se com apresentação do uso das avaliações visuais como prática de seleção em gado de corte (Capítulo 15) e, em seguida, são descritas as principais biotécnicas de reprodução que estão disponíveis aos criadores para implementação de programas de melhoramento genético (Capítulo 16). No Capítulo 17, são apresentados os princípios básicos da genômica no contexto do melhoramento genético e comentadas as potencialidades e os desafios de seu uso. Conceitos e indicadores relacionados com eficiência produtiva e ambiental, bem como a importância da inclusão destes no âmbito do melhoramento genético, são discutidos no Capítulo 18. Finalmente, no Capítulo 19, descreve-se o Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte – Geneplus.

Considero que tal publicação deva ser usada tanto no meio produtivo quanto no acadêmico. No meio produtivo, ajudará os técnicos e criadores a terem uma visão global de um programa de melhoramento genético aplicado em gado de corte. No acadêmico, em que há carência de bibliografia em melhoramento genético de animais domésticos nos trópicos, notadamente no idioma Português, a publicação atende tanto os cursos de graduação quanto os de pós-graduação em Ciências Agrárias do País.

A Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal (SBMA) endossa e apoia tal iniciativa e parabeniza os editores e autores por obra de tamanha relevância para a pecuária de corte brasileira.

Paulo Sávio Lopes
*Presidente da Sociedade Brasileira
de Melhoramento Animal*



Sumário

1. CENÁRIOS PARA A CADEIA PRODUTIVA DA CARNE BOVINA NO BRASIL

Kepler Euclides Filho

2. RECURSOS GENÉTICOS E ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO

Antonio do Nascimento Rosa / Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes / Andrea Alves do Egito

3. AMBIÊNCIA E COMPORTAMENTO NO MANEJO REPRODUTIVO

Eliane Vianna da Costa e Silva / Gustavo Guerino Macedo / Paola Moretti Rueda / Daniele Gonçalves de Araújo / Carmem Estefânia Serra Neto Zúccari

4. APTIDÃO REPRODUTIVA DE TOUROS

Carlos Eurico dos Santos Fernandes / Adriane Lermen Zart / Luiz Carlos Louzada Ferreira / Antonio do Nascimento Rosa

5. ESTRATÉGIAS PARA INTENSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Valéria Pacheco Baptista Euclides / Denise Baptaglin Montagner

6. EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: CHAVE PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARNE BOVINA

Sérgio Raposo de Medeiros / Rodrigo da Costa Gomes / Michele Lopes do Nascimento / Tiago Zanett Albertini / Andréa Roberto Duarte Lopes Souza / Simone Frotas dos Reis / Pedro Veiga Rodrigues Paulino / Dante Pazzanese Lanna

7. MANEJO SANITÁRIO DO REBANHO

Vanessa Felipe de Souza

8. FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA A PECUÁRIA DE CORTE

Fernando Paim Costa / Mariana de Aragão Pereira

9. USO DA ULTRASSONOGRAFIA NA AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E DE QUALIDADE DA CARNE

Liliane Suguisawa / Bruna da Conceição de Matos / Jorge Murilo Suguisawa

10. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Leonardo Martin Nieto / Maurício Mello de Alencar / Antonio do Nascimento Rosa

11. DEFINIÇÃO DE PESOS ECONÔMICOS E DE ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Urbano Gomes Pinto de Abreu / Marcos Mitsuo Sonohata / Paulo Sávio Lopes

12. AVALIAÇÃO GENÉTICA: DOS DADOS ÀS DEPS
Elias Nunes Martins
13. MELHORAMENTO ANIMAL NA ERA DAS DEPS
*Roberto Augusto de Almeida Torres Júnior / Luiz Otávio Campos da Silva /
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes*
14. USO DOS SUMÁRIOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA NOS PROCESSOS DE SELEÇÃO E ACASALAMENTO
*Luiz Otávio Campos da Silva / Paulo Roberto Costa Nobre /
Roberto Augusto de Almeida Torres Júnior / Andrea Gondo /
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes*
15. AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA E FUNCIONAL EM GADO DE CORTE
Luiz Antonio Josahkian
16. BIOTÉCNICAS REPRODUTIVAS PARA ACELERAÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO
Eriklis Nogueira / Gisele Zocal Mingoti / Alessandra Corallo Nicacio
17. GENÔMICA APLICADA AO MELHORAMENTO GENÉTICO DE GADO DE CORTE
*Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes / Luciana Correia de Almeida Regitano /
Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva / Fernando Flores Cardoso /
Luiz Otávio Campos da Silva / Fabiane Siqueira / Andrea Alves do Egito*
18. MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE NO CONTEXTO AMBIENTAL GLOBAL
Davi José Bungenstab / Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes / Cristian Rodolfo Feldkamp
19. PROGRAMA EMBRAPA DE MELHORAMENTO DE GADO DE CORTE - GENEPLUS
*Paulo Roberto Costa Nobre / Luiz Otávio Campos da Silva / Antonio do Nascimento Rosa /
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes*

CENÁRIOS PARA A CADEIA PRODUTIVA DA CARNE BOVINA NO BRASIL

Kepler Euclides Filho

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira se consolidou nos últimos anos como importante produtora de alimentos e se inseriu no mercado internacional como ator competitivo, ocupando ora a primeira ora a segunda colocação entre os maiores exportadores. Neste contexto, esta atividade transformou-se também em importante elemento na captação de divisas para o país, ao mesmo tempo em que sofre as pressões resultantes da posição ocupada. Apesar desse avanço, melhorias nos aspectos gerenciais e nos índices zootécnicos e econômicos se fazem necessárias para garantir a manutenção da sua competitividade e conseqüente permanência como empreendimento economicamente atraente.

Além destas dificuldades impostas pela globalização da economia, somam-se outras relacionadas com a maior exigência dos consumidores; o acirramento das disputas por mercado; as preocupações com o bem-estar animal, com a conservação ambiental; e com os aspectos sociais dos sistemas produtivos e dos demais segmentos da cadeia produtiva.

Adicionalmente, o envelhecimento da população brasileira e o maior esclarecimento com relação aos cuidados que devem ser dedicados à alimentação deverão ter reflexos profundos na economia nacional, influenciando, em particular, o setor agrícola pela demanda por alimentação de boa qualidade, além de requerimentos específicos que podem ser atendidos diretamente pela alimentação humana, evitando-se o uso de suplementação alimentar de qualquer espécie.

Ao aproximar as economias de diferentes partes do mundo, a abertura de mercado possibilitou não só a entrada de produtos oriundos dos mais diversos países, mas também passou a exigir, dos vários setores da economia nacional, maior competitividade como requisito para sua sobrevivência, devendo ainda, ser oriundos de cadeias produtivas sustentáveis.

Mais recentemente, a produção de alimentos se vê frente a outro desafio adicional criado pela demanda de energia a partir da agricultura. Neste particular, Euclides Filho e Euclides (2010) mencionam que as cadeias da produção animal terão também sua contribuição pela transformação do sebo e da gordura animal em fonte alternativa de energia. No entanto, a conciliação destas agriculturas irá requerer não só o aumento da eficiência de produção, mas também o desenvolvimento de novos conhecimentos e novas tecnologias capazes de atender a estes requisitos e possibilitar produção em harmonia com o ambiente.

Para se ajustar a tais mudanças, a pecuária de corte brasileira tem procurado se estabelecer em novos patamares, afastando-se, inexoravelmente, daquela atividade extrativista e transformando-se em empreendimento no qual a gestão torna-se elemento diferenciador. Nestas condições, aumenta-se o risco e diminui-se a margem de lucro. Dessa forma, qualquer tomada de decisão tem de ser muito bem avaliada. Outro aspecto de extrema importância nesse novo cenário e que tem influência direta nos sistemas produtivos, é a preocupação com a sustentabilidade.

A falta de comprometimento com os recursos naturais, que sempre foi parte inerente dessa atividade, muito contribuiu, e ainda contribui para o desequilíbrio planta-solo-animal com consequências desastrosas para o meio ambiente e para a própria atividade. Nesse aspecto, vale ressaltar a importância que vem sendo dada nos fóruns mundiais e por diversos setores no Brasil, incluindo políticas públicas, à questão da preservação e da conservação do meio ambiente e da qualidade de vida. Outros dois aspectos merecedores de atenção, particularmente das instituições de ciência e tecnologia, são relacionados com o possível papel que uma bovinocultura bem conduzida pode exercer com alternativas importantes para o sequestro de carbono e a redução da emissão de gases de efeito estufa.

PERSPECTIVAS PARA A CADEIA PRODUTIVA DA BOVINOCULTURA DE CORTE

A demanda futura de carne bovina, à semelhança do que ocorrerá com a agricultura de modo geral, será fortemente influenciada por transformações diversas em curso na sociedade mundial. Tais mudanças terão reflexos importantes no avanço do conhecimento e no desenvolvimento tecnológico, influenciando diretamente o melhoramento genético de bovinos. O crescimento da população mundial que, segundo diferentes previsões, alcançará, em 2050, a marca de mais de nove bilhões de pessoas, associado às questões socioambientais e econômicas impostas pela sociedade moderna, impõem desafios extras à agricultura de modo geral e, em particular, à pecuária de corte.

Além do tamanho da população, que por si só imporá pressões sobre os recursos naturais, a sociedade será constituída por cidadãos com maior renda, com maior número

de idosos, o que refletirá em mudanças no comportamento alimentar, com maior poder de decisão e de cobrança, e mais preocupada com a produção de resíduos poluidores. Far-se-á necessário, portanto, criar condições para intensificar a produção de carne bovina, incrementando-se a eficiência e a produtividade da cadeia produtiva, assegurando, ao mesmo tempo, sua inserção naquela que vem sendo denominada economia verde, que tem como principais vetores a melhoria do bem-estar da sociedade desenvolvendo-se de forma inclusiva, ao mesmo tempo em que reduz os riscos ambientais. O atendimento a esse desafio necessitará de esforço conjunto dos governos, dos consumidores e da ciência. O governo, estabelecendo políticas adequadas e investindo em pesquisa agrícola; os consumidores, estimulando o setor privado a produzir, a comercializar e a processar o que é exigido pelos mercados interno e externo e a ciência, desenvolvendo conhecimentos e tecnologias capazes de assegurar a oferta de produtos de qualidade em quantidade suficiente e que sejam, ao mesmo tempo, economicamente viáveis, ambientalmente corretos e socialmente justos. Nesse contexto, o melhoramento genético animal poderá ocupar papel relevante, desde que seja conduzido voltado a objetivos claros e se fortaleça considerando as cadeias de produção e os sinais emitidos pela sociedade.

O DESAFIO DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Concomitantemente ao aumento da demanda resultante do crescimento da população e de sua maior concentração em áreas urbanas, é importante ressaltar que o incremento da renda refletirá em aumentos importantes no consumo de proteína animal como pode ser observado na Tabela 1.1.

Outro aspecto relevante, decorrente do crescente nível de instrução e educação, é que, além das demandas relacionadas com as questões econômicas, sociais, ambientais e de qualidade do produto ofertado, os consumidores estarão cada vez mais preocupados com a própria saúde. Com relação a isto, um relatório da Organização Mundial da Saúde concluiu que a obesidade no mundo mais que dobrou desde 1980, chegando em 2008 a 1,5 bilhão de pessoas com mais de 20 anos apresentando sobrepeso. Destes, mais de 200

TABELA 1.1. Evolução do consumo de alimentos pela população humana.

PERÍODO	CEREAIS (KG)	RAÍZES E TUBÉRCULOS (KG)	LEITE (L)	CARNE (KG)	TOTAL KCAL POR PESSOA.DIA
1980	160,1	73,4	76,5	29,5	2.549
1990	171,0	64,5	76,9	33,0	2.704
2000	165,4	69,4	78,3	37,4	2.789
2030	165,0	75,0	92,0	47,0	3.040
Crescimento: 1980 a 2030*	3,1	2,2	20,3	59,3	19,3

*Percentual em relação a 1980.
Fonte: Roppa (2009).

milhões de homens e quase 300 milhões de mulheres eram considerados obesos. Sessenta e cinco por cento da população mundial vive em países em que o sobrepeso e a obesidade estão mais relacionados aos índices de mortalidade do que a fome ou deficiência de peso. Em 2010, 43 milhões de crianças com idade abaixo de cinco anos apresentavam sobrepeso. Esta tendência tem levado diversos países a propor políticas de monitoramento da produção de alimentos, bem como programas de esclarecimento da população e de estabelecimento de marco legal de regulamentação da apresentação dos produtos para venda, com rotulagem específica, identificando a presença de elementos denominados não benéficos, especialmente se consumidos em quantidades consideradas elevadas.

De acordo com as análises desenvolvidas pelo Foreign Agriculture Service do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2012), há tendência de crescimento da produção mundial de carne bovina com grande expansão da produção na Índia e crescimentos mais modestos na Argentina e no Brasil. Os Estados Unidos e a União Europeia, por outro lado, deverão apresentar retrações importantes na produção, conforme pode ser observado na Figura 1.1.

As projeções para o Brasil feitas pela FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, por meio de seu Departamento de Agronegócio (Deagro) e o pelo Instituto Icone (Blum. Outlook Brasil, 2012) revelam crescimento importante das exportações de carne bovina até 2022, o que resultará em aumento de nossa participação relativa nas exportações globais, passando de 26,1% para 38%.

O NOVO PAPEL DA AGRICULTURA

O papel a ser representado pela agricultura do futuro ultrapassará substancialmente aquele tradicionalmente observado, exigindo esforço conjunto dos setores público e privado (Figura 1.2). De acordo com Lal (2007) a agricultura, além de ser causa, exercerá

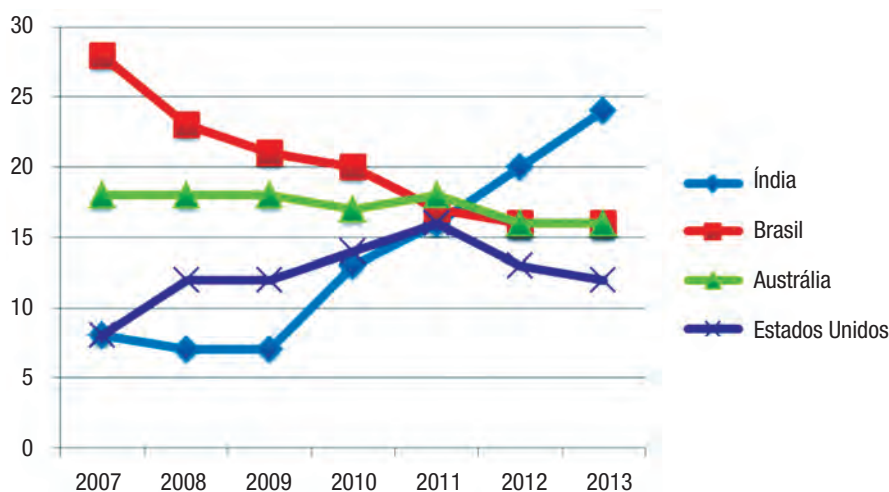


FIGURA 1.1. Participação percentual anual dos principais países exportadores de carne bovina no mercado internacional.

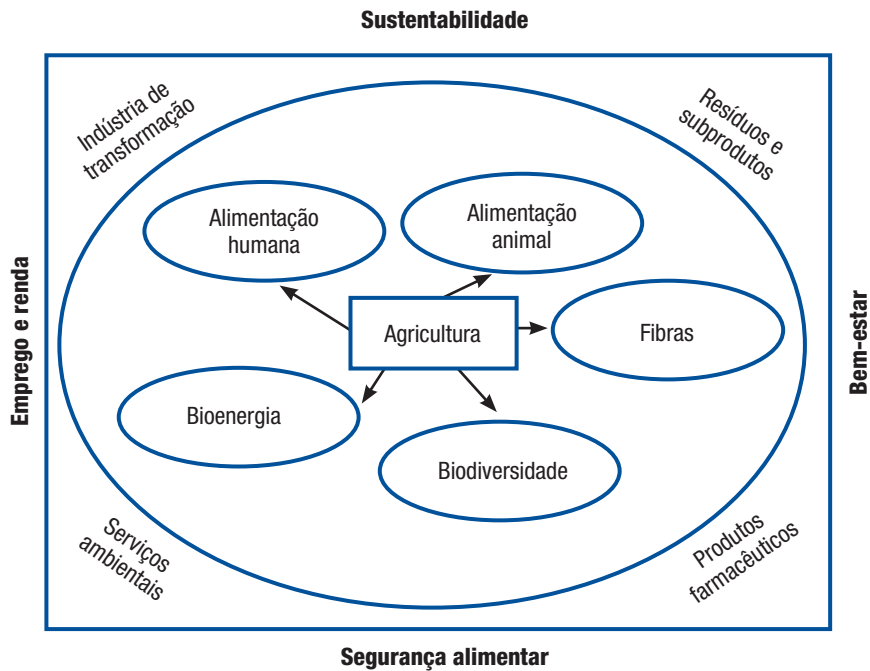


FIGURA 1.2. Papel ampliado da agricultura nas sociedades modernas.

papel preponderante e crescente para a solução de numerosos problemas ambientais, tais como a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, o enriquecimento da biodiversidade e o sequestro de carbono da atmosfera.

Nesse contexto, a pesquisa agrícola terá papel preponderante no sentido de ofertar tecnologias que assegurem a consolidação de sistemas agrícolas que terão de atender o aumento da demanda por alimentos de alta qualidade, ao mesmo tempo em que reduzam o uso de insumos, principalmente químicos, e usem práticas que contribuam para a manutenção e, em alguns casos, o enriquecimento dos recursos naturais. Em maior ou menor grau, tais sistemas de produção deverão apresentar as seguintes características:

- Serem intensivos no uso de conhecimento e de tecnologia e conduzidos de forma integrada com cadeias de produção sustentáveis e, conseqüentemente, alinhados com as demandas dos líderes das cadeias de valor. Nesse aspecto, terão papel importante as denominadas novas biotécnicas, a nanotecnologia e a instrumentação inteligente;
- Serem conduzidos de acordo com as recomendações das Boas Práticas de Produção;
- Serem integrados às redes sociais direcionadas para a agricultura que, por sua vez, desempenharão papel importante na integração e na ampliação de negócios, bem como na disseminação de ideias, de conhecimento e de tecnologia para as cadeias de produção;
- Serem responsáveis por assegurar a soberania alimentar, ofertando, ao mesmo tempo, alimentos seguros e funcionais e contribuindo para o bem-estar da população rural, para a saúde e para a redução de riscos das populações urbana e rural;

- Que contribuam para o bem-estar da população urbana, sendo ainda instrumento efetivo de garantia de segurança alimentar;
- Que façam uso eficiente dos recursos naturais, assegurando além de sua conservação, a exploração racional da biodiversidade, sendo fortemente estruturados em tecnologias que assegurem a mitigação e/ou adaptação às transformações impostas pelas mudanças climáticas globais;
- Que sejam estruturados com base nas características locais e regionais, buscando a redução da pressão sobre novas áreas, além de serem provedores de serviços ambientais de qualidade;
- Que contribuam para a melhoria da qualidade de vida e de renda dos produtores; e
- Que sejam conduzidos por recursos humanos mais qualificados, com capacitação em gestão e em informática de modo a facilitar a gerência dos novos sistemas produtivos que surgirão. Além disso, deverão ser capazes de tornar ágil o processo decisório, permitindo melhor planejamento das atividades agropecuárias, bem como a otimização da aplicação dos conceitos embutidos nesses sistemas.

MUDANÇA DO PERFIL DO CONSUMIDOR

O comportamento dos consumidores mudou com relação ao papel dos produtores rurais na sociedade e de seus produtos. Reganold et al. (2011) concluíram que a tendência é de que a sociedade imponha aos produtores rurais, demanda por maiores responsabilidades ambiental e social, incluindo considerações relacionadas com o bem-estar animal, com serviços ambientais, com a segurança dos trabalhadores e seu bem-estar, e com o uso adequado dos recursos naturais, incluindo os genéticos, assegurando sua manutenção e até mesmo sua melhoria.

Consequentemente, tenderão a emergir e a crescer as marcas que assegurem a sustentabilidade da cadeia produtiva, bem como os produtos com características de valor agregado. No Brasil existem alguns exemplos do apoio da sociedade a estas iniciativas, particularmente na crescente demanda por produtos orgânicos e no aumento de produtos com marcas disponibilizadas no mercado, como pode ser observado para a carne bovina. Crescem também os exemplos relacionados com a certificação de procedência em carne bovina, em cachaça, em vinho e em queijos, dentre outros.

Outro aspecto importante que demandará a participação da pesquisa de forma integrada com a definição de políticas de governo está relacionado com o estilo de vida, representado pela redução de exercícios físicos, que é resultado do crescentemente sedentarismo, e principalmente com os hábitos alimentares que vêm se consolidando nos últimos anos, particularmente, na sociedade ocidental e tem resultado em crescimento preocupante do sobrepeso e da obesidade da população.

A agricultura, as cadeias de produção de alimentos e uma campanha de orientação nutricional adequada são componentes fundamentais para o controle da obesidade que vem sendo considerada como um dos principais problemas nutricionais do mundo ao lado da fome e da subnutrição. Esta, por sua vez, atinge quase um bilhão de pessoas no planeta. Nos sistemas produtivos, a atenção deve ser centrada no manejo adequado, principalmente, dos produtos químicos usados para controle de pragas e doenças em

função de seus efeitos deletérios para a saúde humana, quando não usados de acordo com as recomendações. Nos outros segmentos das cadeias produtivas, principalmente nas indústrias de processamento, têm importância os processos industriais usados, os aditivos e os conservantes. As campanhas têm de se concentrar no esclarecimento dos benefícios de uma alimentação balanceada contrastada à ingestão excessiva de dieta altamente energética rica em gordura, em sal e em açúcares e baixa em vitaminas, minerais e outros micronutrientes. A relevância dessas questões tem ocupado, em diversos países, a atenção da economia, da saúde e sua participação no desenho de políticas e de marco legal para regulamentar as cadeias de produção de alimentos.

O PAPEL DA GENÉTICA

A despeito de a genética assumir papel preponderante, faz-se necessário atentar-se para um aspecto que tem se fortalecido e que merece ser encarado de maneira estratégica. A transformação que vem ocorrendo no mapa dos atores no cenário mundial do setor de commodities agrícolas e que tem resultado no controle do mercado por grandes conglomerados, sugere que instituições que desenvolvem pesquisa agrícola do Brasil devem concentrar esforços e competências em focos bem definidos e que sejam capazes de possibilitar ao país criar condições necessárias para equilibrar o mercado, oferecendo ao mesmo tempo, aos produtores nacionais, opções de produção de forma competitiva.

Como resultado dessa concentração observa-se que a oferta de novas cultivares dos grãos mais consumidos no mundo encontra-se em poder de seis grandes empresas. Na área animal, o que se observa é o domínio de empresas transnacionais sobre a genética de aves, com mais intensidade, e de suínos, com força crescente. Na genética de gado de leite e, em menor grau, mas crescendo rapidamente, na bovinocultura de corte, observa-se o fortalecimento da participação de empresas transnacionais tanto na genética quanto no processamento e na distribuição de produtos de origem animal.

Além disso, de acordo com Euclides Filho et al. (2011), pode-se esperar que a participação dessas grandes empresas no negócio de genética bovina deve crescer com a intensificação do uso da seleção genômica. Nesse contexto, considerando-se as tecnologias agrícolas e a oferta de alimentos como tema de soberania nacional, é fundamental que instituições públicas de pesquisa agrícola concentrem esforços para exercer a função de regulação de mercado e para assegurar maior amplitude de acesso e uso adequado das tecnologias disponíveis. Dessa forma, é importante que concentremos nossos esforços na definição e na condução de ações bem definidas, quer seja no aspecto de priorização das atividades de pesquisa, quer seja na atuação em transferência de tecnologia e na prestação de serviços.

Tester & Langridge (2010) ao revisarem o papel das tecnologias disponíveis para o melhoramento genético em um mundo de mudanças concluíram que os avanços obtidos por meio do melhoramento genético e de modernas práticas agronômicas foram capazes de produzir incrementos lineares na produção global de alimentos da ordem de 32 milhões de toneladas por ano. Todavia, para se atender a meta de aumento na produção de alimentos em 70% até 2050, seria necessário aumentar-se a produção mundial a uma taxa anual de 44 milhões de toneladas. O que, ainda segundo esses autores, representaria incremento continuado por 40 anos de 38% acima da taxa histórica.

O cenário futuro que se descortina indica, claramente, a necessidade de se aumentar a produção de alimentos. Assim, a busca por incrementos de produtividade deve continuar e a intensificação dos sistemas de produção deve ser uma importante premissa. Com relação à intensificação, Euclides Filho (1996) sugeriu que ela deverá se processar em diferentes graus, determinados pelas diversas variáveis e forças externas. Dentre essas se destacam quatro grandes grupos. O primeiro é constituído pelas forças inerentes ao sistema de produção, e se refere à melhoria da eficiência produtiva; o segundo compõe-se de variáveis de mercado e são capitaneadas pela competitividade e pelo atendimento das demandas do consumidor; o terceiro é formado pelas imposições relacionadas com o meio ambiente e diz respeito tanto ao sistema de produção, no sentido de produzir de forma sustentável, quanto às indústrias de processamento e de transformação, com respeito à não poluição e à produção de alimentos saudáveis; e o último, que lentamente começa a se instalar e ganhar força, envolve o indivíduo no contexto global. Nesse caso, requer-se progresso com desenvolvimento social, crescimento com melhoria da distribuição dos ganhos e preocupação com o bem-estar individual e coletivo.

Também nesse contexto, a combinação do melhoramento genético com as biotecnologias pode contribuir elevando a qualidade dos alimentos, quer seja por meio do incremento da qualidade do produto final, quer seja pelo aumento do conteúdo nutricional das pastagens ou pelo controle de doenças e parasitas. Este último benefício tenderá a crescer em importância à medida que se intensificam os sistemas de produção de bovinos de corte.

No tocante ao primeiro grupo, tem importância o manejo adequado dos recursos naturais e o uso eficiente das tecnologias disponíveis. Dentre as variáveis do segundo grupo, o verdadeiro desafio reside na capacidade de se estabelecer o equilíbrio entre os seguintes atributos relacionados com o produto: qualidade, preço, padronização e constância na oferta. Já para o terceiro, os problemas poderão ser equacionados pelo maior entendimento e pela integração entre os segmentos das cadeias produtivas. Isso deve ser complementado com campanhas de esclarecimento sobre o papel da agricultura para a sociedade e sobre a importância de uma alimentação adequada e saudável.

Neste aspecto reside grande desafio. O grande volume de informação e de conhecimento gerados na área agrícola traz consigo a dispersão e a fragmentação, o que, por sua vez, dificulta o acesso. Segundo Amardeep & Vir (2010) há necessidade de se estruturarem formas mais amplas e aprofundadas para o entendimento e para a melhoria do fluxo de informações agrícolas. Segundo esses autores, comunicação se constitui em elemento vital da complexa empresa chamada agricultura. A comunicação agrícola está enfrentando novas experiências com o crescimento da tecnologia da comunicação e esta transformação necessita ser incorporada ao processo produtivo.

Com relação à pesquisa em genética, para atender às novas demandas, algumas características devem receber mais atenção dos programas de melhoramento, podendo-se, para animais, mencionar as seguintes: maior eficiência no uso de alimentos, maior precocidade de acabamento, maior precocidade reprodutiva, melhor eficiência reprodutiva, prolificidade, menor consumo de água, maior resistência a estresse e a doenças e maior longevidade. Segundo Green (2009), o departamento de agricultura dos Estados Unidos desenhou um plano de ação envolvendo pesquisa, extensão e educação na área de genômica animal de modo a possibilitar a oferta das seguintes tecnologias: a) seleção genô-

mica; b) predição do mérito genético de animais baseada na combinação de informações genômicas e fenotípicas; c) integração dos dados genômicos em programas de avaliação genética amplos e uso de informações genômicas para delinear sistemas precisos de acasalamentos; d) sistemas de manejo preciso para otimizar a produção animal, a saúde e o bem-estar; e, e) capacidades genômicas que permitam verificação de parentesco e de identidade para serem usados em sistemas de rastreabilidade.

No tocante à seleção genômica, uma revisão realizada por Hume et al. (2011) permitiu que os autores apresentassem uma visão otimista para enfrentamento dos desafios. Segundo eles, programas de seleção genômica serão viáveis de serem aplicados a várias características simultaneamente, sendo ainda possível redefinir a predição dos valores genéticos que ao invés de serem baseados no pedigree serão definidos com base no compartilhamento de alelos. O Brasil vem envidando esforços neste sentido, por meio de trabalhos em parceria, envolvendo instituições de pesquisa e universidades nacionais e estrangeiras. Espera-se que os resultados destas iniciativas se reflitam, em médio prazo, em melhoria da eficiência dos programas de seleção de bovinos de corte.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2011. http://www.abiec.com.br/news_view.asp?id=%7B2615133E-E92A-482A-93AE-9E0... Acessado em 26 de outubro de 2011.
- AMARDEEP; VIR, K. Communication Education in Agriculture: Experiences and Future Strategies. 2010. Disponível em: http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBOQFjAA&url=http://%3a%2Fagropedia.iitk.ac.in%2Fopenaccess%2F%2F%3Dcontent%2Fcommunication-education-agriculture-experiences-and-future-strategies&ei=DohWTsKLOsPjOQHwPSTDA&usq=AFQjCNFWukqVN-taWayy6ucLoqWhLimubCQ&sig2=fTD-IpE42LpDyb_3G5wetA. Acesso em: 25 de ago.2011.
- BLUM. Outlook Brasil 2022. Projeções para o agronegócio. Elaborado pela Fiesp-Deagro e Icone. http://www.fiesp.com.br/outlookbrasil/docs/OutlookBrasil_apresentaçãoVSite.pdf. Acessado em 4 de maio de 2012.
- EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V.P.B. Desenvolvimento recente da pecuária de corte brasileira e suas perspectivas. *Bovinocultura de Corte*. 2010. V. 1, p.11-38.
- EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. Anais. Planaltina: EMBRAPA CPAC, 1996. p.118-120.
- EUCLIDES FILHO, K.; FONTES, R.R.; CONTINI, E.; CAMPOS, F.A.A. O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. **Revista de Política Agrícola**. P. 98-111. Ano XX, número 4, out/nov/dez 2011.
- GREEN, R.D., ASAS Centennial paper: future needs in animal breeding and genetics. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 793-800. 2009.
- HUME, D.A.; WHITELAW, C.B.A.; ARCHIBALD, A.L. The future of animal production: improving productivity and sustainability. *Journal of Agricultural Science*, p.1-8. 2011.
- LAL, R. Soil Science and the carbon civilization. *Soil Science Society of America*, Vol. 71, número 5, sept.-Oct. 2007.
- REGANOLD, J.P.; JACKSON-SMITH, D.; BATIE, S.S.; HARWOOD, R.R.; KORNEGAY, J.L.; BUCKS, D.; FLORA, C.B.; HANSON, J.C.; JURY, W.A.; MEYER, D.; SCHUMACHER, A. Jr.; SEHMSDORF, H.; SHENNAN, C. THRUPP, L.A.; WILIS, P. Transforming U.S. **Agriculture**. *Science*, v. 332, p. 670-71, 2011.
- ROPPE, L. 2009. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2007 a 2015. <http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/artigos/perspectivas-producao-mundial-carn...> Acesso em: 26 de março de 2012.
- SILVA, R.H.C. 2012. Custos elevados, retração das exportações e concorrências entre as carnes provocam redução de margens dos frigoríficos. *Agronegócio em Análise Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos*. Bradesco, março de 2012.

TESTER, M.; LANGRIDGE, P. Breeding Technologies to increase crop production in a changing world. **Science**, V. 327, p. 818-22. February 2010.

USDA, Livestock and poultry: world markets and trade. Foreign Agricultural Service - Office of global analysis, 2012.

RECURSOS GENÉTICOS E ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO

Antonio do Nascimento Rosa
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Andréa Alves do Egito

INTRODUÇÃO: A EQUAÇÃO BÁSICA DO MELHORAMENTO ANIMAL

O objetivo do melhoramento genético, de um modo geral, é alcançar melhores níveis de produção, produtividade e/ou qualidade do produto em sintonia com o sistema de produção e as exigências do mercado. Para o alcance deste objetivo, várias características expressas pelos animais precisam ser monitoradas. Adaptabilidade, eficiência reprodutiva, viabilidade, pesos corporais, taxas de crescimento, qualidade da carcaça e da carne são alguns exemplos.

A expressão observável ou mensurável destas características, conhecida por **fenótipo** (P), no entanto, é um resultado que depende do **genótipo** do animal (G), para o qual pai e mãe contribuem igualmente, no momento da fecundação; do **ambiente** (E) no qual ele é criado e da **interação genótipo x ambiente** (GxE), que representa as expressões dos genótipos quando expostos a diferentes condições ambientais. Estas relações consideradas conjuntamente podem ser expressas como:

$$P = G + E + GxE$$

O ambiente envolve todos os fatores não genéticos que contribuem, positiva ou negativamente, para a expressão fenotípica. De um ponto de vista restrito, inclui os efeitos

proporcionados pelo próprio criador, diretamente, aos animais ou ao sistema produtivo. Cuidados com a saúde, alimentação, manejo (dos solos, das pastagens e dos animais) e até as tomadas de decisão de administração do negócio são alguns exemplos. De uma forma mais ampla, o ambiente envolve aspectos sobre os quais o homem dificilmente tem poder de controle a não ser em raras situações, mas à custa de elevados investimentos. Nesta visão, existem variáveis como temperatura, radiação solar, precipitação pluviométrica e altitude. Com relação a este aspecto, a escolha, pura e simples, de animais adaptados às condições ambientais da propriedade pode ser o primeiro passo em direção ao sucesso do empreendimento. Esta decisão proporciona, por um lado, o contorno dos efeitos negativos da interação sobre genótipos de adaptação mais ampla, com redução dos custos de produção; por outro, ela capitaliza os efeitos positivos da interação, para genótipos de adaptação específica a determinados ambientes, contribuindo para o aumento da produtividade dos animais.

Escolhida a raça ou sistema de cruzamento, a primeira providência em busca da eficiência econômica do empreendimento consiste em proporcionar a todos os animais as melhores condições de criação. A partir deste ponto ficará mais fácil ao criador, com suporte de um programa de melhoramento, identificar os animais geneticamente superiores para as características de interesse. Estes animais, sendo usados de maneira diferenciada na reprodução, contribuirão para o aumento do desempenho médio do rebanho. Ao contrário da melhoria das condições ambientais, que são transitórias, ressalta-se que os ganhos genéticos são permanentes, pois passam de geração a geração.

COMPONENTE ANIMAL

Processo evolutivo

Milhares de anos antes da domesticação, ainda na Idade da Pedra, caçadores da Europa e do norte da África perseguiram um gado selvagem, denominado *urus* ou *auroch* (*Bos primigenius*). A partir de sua região de origem, do norte da Índia até os desertos da Arábia, este gado migrou para outras partes do globo ao longo da última era glacial (250 mil a 13 mil anos antes de Cristo). Desta forma, do ancestral original foram formadas duas subespécies principais: *Bos primigenius primigenius*, que deu origem ao gado europeu, da subespécie *Bos taurus taurus*, sem cupim; e *Bos primigenius namadicus*, que formou o gado indiano ou zebu, de cupim localizado na altura da cernelha, da espécie *Bos taurus indicus*.

Outras forças evolutivas atuaram, concomitantemente, ao processo de migração. Encontrando ambientes hostis, em relação ao original, indivíduos não adaptados foram eliminados pela seleção natural. Por outro lado, em consequência do isolamento geográfico e da formação de pequenas populações, os acasalamentos passaram a ser mais consanguíneos, formando-se linhagens evolutivas divergentes. Finalmente, após a domesticação, ocorrida por volta de 10.000 anos antes de Cristo, o homem passou a interferir diretamente no processo evolutivo pela escolha deliberada dos animais a serem utilizados na reprodução.

Registro extraordinário da percepção humana sobre a herança dos caracteres se encontra na Bíblia Sagrada, quando Jacó propõe o seu salário para apascentar os rebanhos de Labão: *...separa do rebanho todo animal negro entre os cordeiros e o que é malhado ou*

salpicado entre as cabras... (Genesis, 30, 32, Bíblia de Jerusalém, Paulus, 2010). Cerca de 3.800 anos se passaram até que a ciência comprovou estar no **DNA - ácido desoxirribonucleico**, molécula que se encontra no núcleo das células - os fatores determinantes da herança, cujos efeitos Jacó intuiu ocorrerem no momento da fecundação.

Processo básico da herança

O DNA é a unidade primária da herança, o material genético primário, principal componente dos **chromossomos**, estruturas que podem ser observadas aos pares (Figura 2.1a, b), durante as divisões celulares, na fase denominada metáfase. O DNA é formado por uma dupla fita de açúcar e fosfato contendo quatro bases nitrogenadas, os **nucleotídeos Adenina-A, Timina-T, Citosina-C e Guanina-G**, que são a porção variável da molécula. Os nucleotídeos estão pareados entre si, ligados por pontes de hidrogênio, em uma estrutura helicoidal e são sempre complementares, ou seja, **A sempre ligada a T e C a G**.

As diferentes combinações na sequência destas bases ao longo do DNA formam milhares de códigos de herança, os **genes** (sequências codificantes). Grande parte do cromossomo é composta por DNA não codificante e/ou repetitivo que pode dar origem a elementos que auxiliarão a expressão gênica. Anteriormente presumia-se que um gene dava origem a uma proteína, mas sabe-se atualmente que podem existir diferentes padrões de leitura da mesma sequência dando origem a inúmeros produtos diferentes. O número de cromossomos varia com a espécie sendo os bovinos detentores de 30 pares com aproximadamente 22 mil genes.

A partir da observação do esquema apresentado nas Figuras 2.1b e 2.2 podem ser compreendidos alguns termos e conceitos mais importantes. Denominam-se **alelos** as formas alternativas de um mesmo gene, situadas em um mesmo **loco**, ou seja, em uma mesma região de um par de cromossomos homólogos. Os alelos são responsáveis pelos diferentes fenótipos de uma dada característica.

Na estrutura pareada (cromossomos homólogos) verificam-se algumas das principais interações gênicas que podem ocorrer no mesmo loco e/ou entre locos diferentes. No primeiro caso, a principal delas é a **dominância**, condição na qual o efeito de um dos alelos se manifesta fenotipicamente, independentemente da natureza do outro membro do mesmo par. Na raça Angus, a cor preta da pelagem é **dominante** sobre a vermelha. Assim, neste exemplo, o alelo *P* associado à cor preta é dominante sobre *p*. Nesta situação diz-se que *p* é **recessivo**, ou seja, o efeito do alelo *p*, isoladamente, não é observável quando o outro membro do par é dominante. Nesta condição, o conjunto dos alelos deste loco, conhecido por **genótipo**, se encontra em **heterozigose** (*P//p*). A cor vermelha somente apareceria caso o outro alelo fosse também *p*, quando o genótipo *p//p* estaria em **homozigose**.

Na dominância completa, o homozigoto dominante e o heterozigoto apresentam, exatamente, o mesmo fenótipo, como ocorre no caso da pelagem preta em Angus (*P//P* e *P//p*, respectivamente). Outro tipo de interação gênica que pode ocorrer no mesmo loco é a **codominância**. Nesta condição, ambos os alelos afetam, em maior ou menor grau, o fenótipo. A herança da cor da pelagem na raça Shorthorn é um exemplo clássico de codominância. Nesta raça o homozigoto dominante (*V*) manifesta a pelagem vermelha, o recessivo (*v*), a pelagem branca e o heterozigoto (*Vv*), a pelagem ruão (mescla de vermelho e branco).

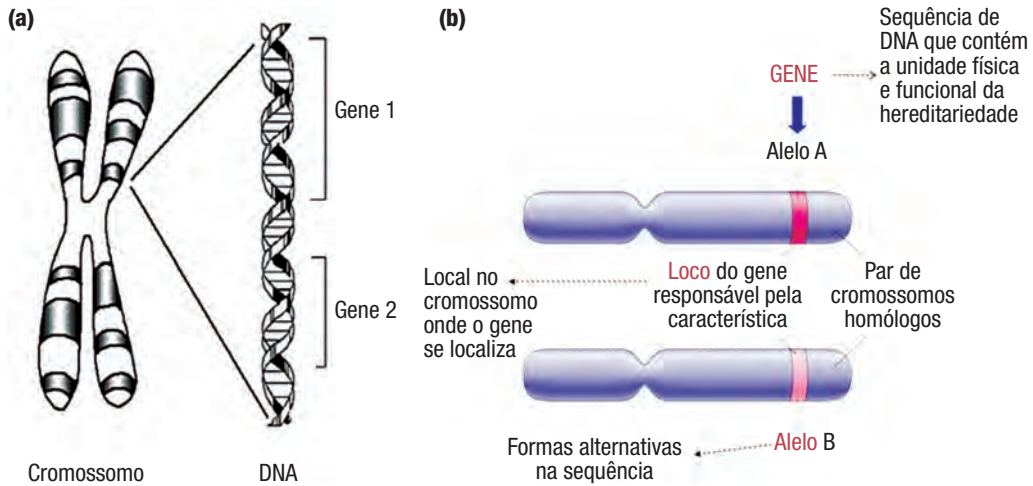


FIGURA 2.1. (a) Cromossomo: unidade de armazenamento dos genes (<http://www.accessexcellence.org/RC/VL/GG/genes.php>, acesso em 18/02/2013); (b) esquema conceitual: gene e alelos (adaptado de: http://www.tokre-source.org/tok_classes/biobiobio/biomenu/theoretical_genetics/index.htm, acesso em 18/02/2013).

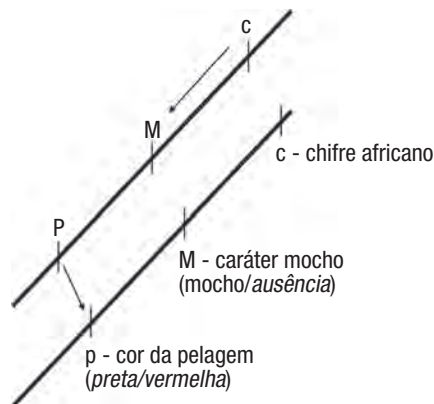


FIGURA 2.2. Interações gênicas no mesmo loco e entre locos diferentes

Ao se considerar um gene, especificamente, denomina-se **efeito aditivo** o efeito deste gene que resulta em uma mudança fenotípica definida, enquanto a soma dos efeitos aditivos de todo o conjunto de genes, conhecido por genoma, constitui o **valor genético** do indivíduo.

Entre locos diferentes as interações mais importantes são a **epistasia** e a **pleiotropia**. A epistasia ocorre quando o alelo de um gene inibe a expressão de outro gene. No exemplo apresentado para fins didáticos (Figura 2.2), o gene responsável pela herança do caráter mocho se manifesta, quando o gene do chifre africano se encontrar em homozigose recessiva, ou seja, na presença de dois alelos “c”. Caso o alelo “C” estivesse presente, o mesmo apresentaria um efeito epistático sobre o gene mocho, inibindo o seu efeito, e o animal teria chifres. Pleiotropia é o fenômeno pelo qual um gene atua

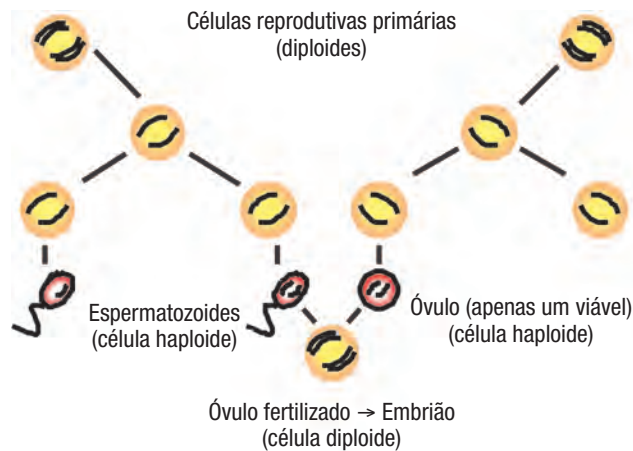


FIGURA 2.3. Produção de células reprodutivas e fertilização – exemplo com dois pares de cromossomos.

na expressão não de uma apenas, mas de duas ou mais características, sendo a base para a compreensão dos efeitos relacionados às **correlações genéticas** que podem ser positivas ou negativas.

Enquanto aos pares, pode ainda ocorrer troca de material genético de um cromossomo para outro, cópias de segmentos para outra posição no mesmo ou em outro cromossomo, quebras ou perdas de parte do cromossomo e, inclusive, mutação, fonte natural de novos alelos. Por outro lado, na formação das **células gaméticas** (espermatozoide e óvulo), as células originais com número duplo ou diploide ($2n$) de cromossomos sofrem uma redução (meiose), ficando apenas com a metade (número haploide, n ; Figura 2.3). Assim, genótipos homozigotos produzirão apenas um tipo de gameta enquanto os heterozigotos, dois.

No momento da fecundação, cada um dos pais contribui com a metade do número total de alelos, restabelecendo-se, no novo indivíduo, o número duplo de cromossomos próprio das espécies diploides, como são os bovinos. As interações gênicas originais verificadas nas células reprodutivas primárias de cada um deles, no entanto, se perdem. Podem ou não ser recuperadas no embrião, na dependência do grau de proximidade ou distância genética entre eles.

O processo de casualização na formação das células reprodutivas (**segregação**) e a troca de sequências homólogas dos cromossomos (**recombinação**), no momento da formação dos gametas e da fertilização, juntamente com as demais forças evolutivas e eventos genéticos mencionados, constituem a base fundamental da grande variabilidade genética existente entre indivíduos dentro de uma população. Além destas forças naturais, a própria história das civilizações, com seus reflexos sobre objetivos da criação e métodos de seleção aplicados pelo criador, contribuíram e vêm contribuindo para a evolução da espécie. Desta forma se explica o grande número de raças disponíveis, atualmente. Marleen Felius, em seu genial livro *Genus bos: cattle breeds of the world* (Felius, 1985), descreve de maneira singular os grupos raciais de maior importância econômica de acordo com este processo evolutivo, resumo do qual é ilustrado na Figura 2.4.

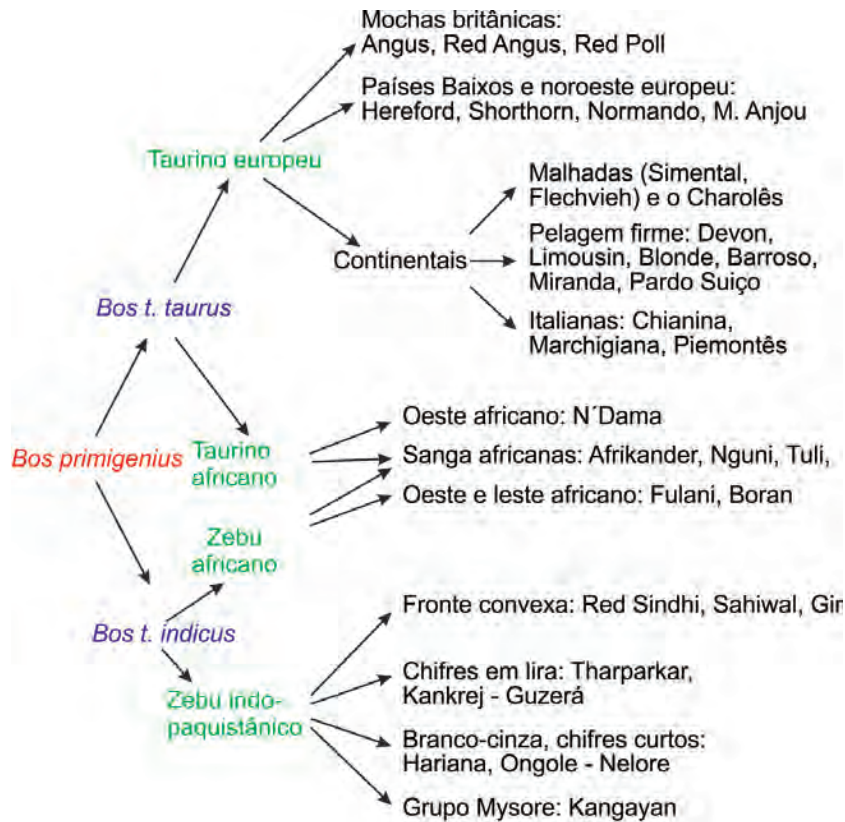


FIGURA 2.4. Processo evolutivo simplificado: do ancestral primitivo (*Bos primigenius*) às modernas raças bovinas originais *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* (Adaptado de Feliuss, 1985; Joshi & Phillips, 1953).

RAÇAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA PARA O BRASIL

Raças mochas das ilhas britânicas

Incluindo Aberdeen Angus, Red Angus e Red Poll, este grupo é o de menor porte dentre as raças taurinas, com peso de abate ao redor de 420-450 kg. Animais destas raças apresentam excelentes características de fertilidade, precocidade sexual e de acabamento da carcaça com qualidade de carne reconhecida mundialmente, tendo em vista a maciez das fibras musculares e a suculência, devida à gordura entremeada nos músculos (marmoreio).

Em função destas características e de serem geneticamente mochas, condição interessante para sistemas de produção mais intensivos, estas raças foram difundidas amplamente pelo mundo, para serem criadas puras ou em cruzamentos comerciais e para a criação de novas raças. Brangus e Red Brangus foram formadas a partir de acasalamentos envolvendo as raças Aberdeen e Red Angus com Brahman, nos Estados Unidos, e com a raça Nelore, no Brasil. Animais Red Poll introduzidos no início do período colonial deram origem, no Brasil Central, à raça Mocha Nacional que teve influência na constituição das raças zebuínas mochas. Nas Ilhas Virgens do Caribe,

a raça Red Poll entrou na formação do Senepol, a partir de cruzamentos com a raça N'Dama, taurina do oeste africano.

Raças do continente europeu

Este é o grupo que envolve o maior número e a maior diversidade entre as raças taurinas. Salientam-se dois subgrupos principais: raças dos países baixos, do noroeste europeu e sudoeste da Inglaterra e as do interior do continente. As raças do primeiro subgrupo são de porte maior que o das mochas britânicas e menor que o das demais raças do interior do continente, com peso de abate em torno de 450 a 500 kg. Quando presentes, os chifres são curtos. Exemplos: Hereford, Shorthorn, Maine Anjou, Belgian Blue e Normando. Interessante observar que muitas das raças europeias leiteiras e de dupla aptidão pertencem evolutivamente a este grupo, dentre as quais: Ayrshire, Jersey, Guernsey, Holandês e Shorthorn Leiteiro.

No segundo subgrupo são incluídas as demais raças do continente europeu, desde a península ibérica, berço das raças fundadoras da pecuária no Brasil Colônia, até a Alemanha e Itália. São raças de elevado peso à maturidade, com abatimentos ocorrendo entre 500-610 kg. Quando presentes, os chifres são mais longos. A principal característica deste subgrupo é a presença de grandes massas musculares que lhes confere elevada produção de carne por animal.

Comparativamente às raças mochas britânicas, principalmente, e às do primeiro subgrupo acima descritas, são mais tardias, do ponto de vista sexual e de acabamento de carcaça apresentando ainda, em função do seu elevado tamanho adulto, maiores custos de manutenção. Exemplos: Barroso e Miranda, de Portugal; Retinta, da Espanha; Devon e South Devon, do sudoeste da Inglaterra; Limousin, Blonde d'Aquitaine, Charolês e Salers, da França; Simental, Gelbvieh, Fleckvieh e Pardo Suíço Corte, da Suíça e Alemanha; e Chianina, Marchigiana e Piemontês, da Itália. Muitas destas raças apresentam também variedades mochas, tais como: Hereford, Shorthorn, Charolês e Simental.

De forma semelhante às mochas britânicas, raças deste grupo são também muito sensíveis aos efeitos do clima tropical e exigentes em termos nutricionais. Exceto em regiões de clima temperado ou em microclimas de áreas subtropicais de altitude, onde podem ser criadas puras, na maior parte das vezes elas são utilizadas em cruzamentos com raças zebuínas ou com raças taurinas adaptadas. Raças deste grupo contribuíram para a formação de diversas outras em todo o mundo, descritas a seguir no grupo das raças compostas.

Raças taurinas adaptadas

São raças formadas a partir do gado europeu, introduzido no novo mundo durante o período colonial, após longo processo de adaptação às condições tropicais e dos efeitos da seleção praticada pelos criadores. São também denominadas “crioulas” ou naturalizadas. Exemplos: Caracu, Curraleiro ou Pé-duro, Pantaneiro, Crioulo Lajeano e Mocha Nacional, no Brasil; Romosinuano, San Martinero, Costeño con Cuernos e Casanareño, dentre outras, na Colômbia; taurinas africanas (sem cupim), como N'Dama, e compostos taurinos como a raça Senepol, criada a partir de cruzamentos envolvendo as raças N'Dama e Red Poll. Além de adaptabilidade ao meio ambiente tropical, estas raças se destacam por elevados níveis de fertilidade, habilidade materna e maciez da carne, típica da subespécie *Bos taurus taurus*.

Raças zebuínas

Em função de terem evoluído em condições ambientais mais adversas e com histórico de seleção muito recente, as raças zebuínas apresentam índices produtivos mais baixos em relação às taurinas europeias. Em sua região de origem, Índia e Paquistão, o peso adulto destas raças varia de 350 a 450 kg, enquanto no Brasil, de um modo geral, os abates são feitos com pesos de 460 a 500 kg. Em relação aos taurinos, o gado zebu é considerado de tamanho médio a pequeno e é mais tardio sexualmente apresentando menos convexidade nas massas musculares, assim como maciez de carne mais variável. Por outro lado, tolera melhor calor, radiação solar, umidade, endo e ectoparasitas. Estas características de adaptabilidade constituem o grande trunfo das raças zebuínas para sistemas de produção em meio ambiente tropical.

Guzerá, Cangaian, Gir e Sindi são raças criadas no Brasil que apresentam biótipos semelhantes aos dos animais indianos que lhes deram origem, respectivamente, Kankrej, Kangayam, Gir e Red Sindhi. Por outro lado, a raça Nelore, em função de objetivos de seleção praticados no Brasil e da contribuição de outras raças zebuínas em sua formação inicial, é ligeiramente distinta da indiana Ongole, sua principal raça fundadora, em termos de tamanho adulto e conformação frigorífica. Novas raças zebuínas foram formadas no Brasil tais como: Indubrasil, Tabapuã, as variedades mochas Gir e Nelore e as leiteiras Gir, Guzerá e Nelore. Nos Estados Unidos da América foi formada a raça Brahman, composta zebuína sobre base taurina, a qual foi introduzida no Brasil a partir de 1994.

Adaptadas à criação em pastagens, em uma época em que o mercado mundial passa a valorizar criações em ambiente natural, livre de pesticidas, com baixos custos de produção e índices de produtividade crescentes, as raças zebuínas podem constituir excelentes alternativas para a pecuária em ambientes tropicais quer para a produção de carne ou leite.

Raças compostas

As raças compostas são formadas a partir de cruzamentos envolvendo duas ou mais raças das subespécies *Bos t. taurus* e/ou *Bos t. indicus*, com os objetivos de se agregar, nos produtos compostos, características de rusticidade e adaptabilidade, próprias do zebu, com produtividade e qualidade de produto, característicos do europeu. Após uma série de cruzamentos entre as raças fundadoras e seleção permanente em todas as etapas, passa-se à fase final de bi mestiçagem, ou seja, do cruzamento dos indivíduos mestiços entre si de modo a se fixar o padrão da nova raça.

O exemplo mais antigo e de estratégia de cruzamento mais tradicional para esta finalidade é o da raça Santa Gertrudis ($5/8$ Shorthorn \times $3/8$ Brahman), formada no estado do Texas, a partir de 1910, com similar no Brasil (Shorthorn \times Nelore). Outros compostos são: Belmont Red ($1/2$ Afrikander \times $1/4$ Shorthorn \times $1/4$ Brahman), Blonel ($5/8$ Blonde \times $3/8$ Nelore), Bosnmara ($5/8$ Africander \times $3/16$ Hereford \times $3/16$ Shorthorn), Braford ($5/8$ Hereford ou Poll Hereford \times $3/8$ Brahman ou Nelore), Brangus e Red Brangus ($5/8$ Aberdeen Angus ou Red Angus \times $3/8$ Brahman ou Nelore), Charbrey ou Canchim ($5/8$ Charolês \times $3/8$ Brahman ou zebu, predominantemente Nelore), Lavínia ($5/8$ Pardo Suíço \times $3/8$ Guzerá), Santa Cruz ($5/8$ Gelbvieh \times $3/8$ Brahman ou Nelore), Senepol (composto taurino N'Dama \times Red Poll, também considerada uma raça taurina adaptada),

Simbrah ou Simbrasil (5/8 Simental × 3/8 Brahman ou Nelore), Pitangueiras (5/8 Red Poll × 3/8 Zebu, predominantemente Guzerá) e Purunã (1/4 Charolês × 1/4 Caracu × 1/4 Aberdeen Angus × 1/4 Canchim). A partir do final do século passado foi iniciada a formação do composto Montana Tropical, com possibilidade de uso de proporções variáveis das raças fundadoras NABC, cujas iniciais nesta sigla são referentes às raças Nelore, Taurinas Adaptadas, Britânicas e Continentais, numa proporção final de menor ou igual a 75% taurino e maior ou igual a 50% zebu ou taurino adaptado.

DIFERENÇAS ENTRE AS SUBESPÉCIES *BOS TAURUS TAURUS* E *BOS TAURUS INDICUS*

Em função da história evolutiva os zebuínos diferem dos taurinos, de um modo geral, em características anatômicas, fisiológicas e de comportamento.

A marca inconfundível do zebu é a giba, ou cupim, cuja principal base anatômica é o músculo romboide, ausente ou pouco saliente nos taurinos. O crânio, em geral, é mais comprido nos zebuínos, observando-se diferentes perfis entre as raças. O europeu apresenta cabeça mais curta, mais pesada e marrafa mais larga. Os chifres variam quanto ao tamanho, forma, diâmetro, inserção no osso frontal e direção. Geralmente, nos zebuínos, são maiores e de seção elíptica, enquanto nos taurinos são menores, com exceção das raças ibéricas, e de seção circular. As orelhas no gado europeu são mais curtas, de pontas arredondadas e em posição horizontal enquanto nos zebuínos apresentam tamanhos variados, são pendentes (exceto na raça Nelore) e terminam em forma de ponta de lança.

O zebuíno apresenta menor perímetro torácico que o europeu. A ossatura é mais fina, densa e leve; a garupa é mais inclinada e o osso sacro mais elevado que no europeu, facilitando a parição. O *Bos taurus indicus* apresenta, ainda, membros mais longos, cascos pretos e resistentes, possibilitando-o percorrer longas distâncias em busca de alimento ou de água. O taurino, por outro lado, apresenta membros mais curtos e cascos maiores.

A pele do zebu é mais fina, porém mais resistente que a do gado europeu, apresentando geralmente cor escura ou preta, que lhes permite maior resistência à radiação ultravioleta. Apresenta superfície corporal proporcionalmente mais desenvolvida, devido à pele solta, facilitando trocas de calor com o meio ambiente, enquanto no europeu a pele é mais grossa e agarrada ao corpo, para proteção contra o frio. Os zebuínos apresentam, ainda, vasos sanguíneos capilares e glândulas sudoríparas mais ativas e em maior número que as raças europeias. Os pelos são mais curtos, densos, sedosos e de cores mais claras. O umbigo mais comprido no gado zebu pode ser prejudicial, especialmente nos touros, tornando-os susceptíveis a ferimentos do prepúcio, quando manejados em pastagens muito infestadas por ervas e arbustos.

Em comparação ao gado europeu, o zebu apresenta maior capacidade para aproveitamento de forragens grosseiras, características das regiões tropicais. O aparelho digestório é menor, levando-o a comer menos, porém mais frequentemente. Esta característica contribui para o zebu apresentar menor taxa de metabolismo, com menor produção de calor metabólico, facilitando sua adaptação aos trópicos. Criados em grandes extensões, sem muito contato com o homem, o zebu pode ser arisco ou bravoio. Quando bem manejado, no entanto, é manso e de boa índole. Outra característica marcante do zebu é

o seu comportamento gregário, menos frequentemente observado no gado europeu. O zebu apresenta, ainda, considerável resistência natural a ectoparasitos (carrapato, berne e moscas) abundantes em regiões de clima quente. A pele mais resistente dificulta a penetração do aparelho sugador destes insetos; os pelos mais curtos e mais claros atraem menos parasitas e a secreção das glândulas sudoríparas os repele, mais frequentemente. Além disso, o zebu movimentava facilmente a pele, a orelha e a cauda, afugentando insetos.

Com relação às características produtivas, de um modo geral, o gado europeu apresenta melhores aptidões para a produção de leite e carne, em função das melhores condições de criação em seu ambiente de origem e por terem sido selecionadas há mais tempo pelo homem. As raças zebuínas, por outro lado, em função de sua adaptabilidade natural a ambientes mais hostis, apresentam grande potencial de resposta a programas de melhoramento genético podendo se constituir em opção eficiente para a produção animal nas regiões tropicais.

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO

As alternativas clássicas para o melhoramento genético são: escolha da raça melhor adaptada, formação de novas raças, cruzamentos e sistemas combinados. A primeira destas, sem dúvida, é a mais simples, uma vez que o criador pouco terá que investir em obras e tratamentos especiais, em comparação ao que outras raças menos adaptadas poderiam exigir em conforto e saúde necessários para bons índices de produção.

A pecuária brasileira apresenta uma história interessante quanto a esta opção. O primeiro gado bovino introduzido no país desde o período colonial foi de origem europeia. Estima-se que tenham entrado cerca de 300 mil animais, sendo permitidas importações, principalmente de sêmen e de embriões, até os dias atuais. Por outro lado, em todo o período de importação de zebu, desde o final do século XIX até 1962, foram importadas pouco mais de seis mil reses. No entanto, em função das características tropicais do território e da adaptação natural a estas condições as raças zebuínas predominam no país. Considerando o rebanho de corte, estima-se que a raça zebuína Nelore pura ou em cruzamentos diversos responda por cerca de 80% da produção, com um efetivo estimado de 132 milhões de reses (Rosa et al., 2013).

Com boas práticas de criação e reposição permanente de touros e matrizes com animais selecionados, o uso da raça melhor adaptada pode ser a melhor alternativa. Caso o criador queira agregar mais qualidade ao produto final, dependendo das demandas de mercado, as alternativas que serão discutidas a seguir poderiam ser implantadas.

A formação de novas raças é um empreendimento de longo prazo e que demanda um rebanho base suficientemente grande para minimizar os problemas de consanguinidade na fase de fixação das características da nova raça. Aplica-se, portanto, a poucas situações. Os cruzamentos são práticas mais simples, sendo, portanto, mais viáveis de serem utilizados pelos produtores comerciais.

A decisão por qualquer destas alternativas passa obrigatoriamente pelo conhecimento das características das várias raças bovinas disponíveis, do meio ambiente onde os animais serão criados e do mercado a ser atendido. A partir da análise conjunta destes aspectos é possível uma opção consciente não pelo sistema que seja biologicamente superior, mas por aquele economicamente mais rentável. Em qualquer destas situações,

no entanto, a seleção, a reprodução diferenciada dos animais superiores e os sistemas de acasalamento são ferramentas que devem ser permanentemente utilizadas.

Seleção para características qualitativas

Características qualitativas são aquelas cuja herança é controlada por um ou por poucos pares de genes. Os fenótipos nestes casos podem ser incluídos em categorias ou grupos, apresentando classificação discreta. Exemplos: musculatura normal ou dupla, pelagem preta ou vermelha, entre outras.

Algumas características qualitativas, especialmente aquelas ligadas à definição do padrão da raça, como pigmentação da pele e cor da pelagem, aparentemente, podem não ter efeitos diretos sobre a produção animal. Afetam, no entanto, o processo de adaptação ao meio ambiente, a viabilidade e a reprodução dos animais. Outras tais como: hipoplasia testicular, criptorquidismo uni ou bilateral e prognatismo são associadas a baixos níveis de fertilidade e produtividade.

Geralmente, as diferenças entre animais com relação às características qualitativas são causadas por diferenças no genótipo em um simples loco. Além disto, a expressão fenotípica destas características, praticamente, não sofre efeito do meio ambiente. Assim, se um alelo responsável por uma característica indesejável é dominante, todos os animais portadores deste alelo (homozigoto ou heterozigoto) são facilmente identificados de forma que sua eliminação se torna bastante simples. Quando, no entanto, o fenótipo indesejável é expresso somente por genótipos homozigotos recessivos, sua eliminação se torna mais difícil, uma vez que os animais portadores deste alelo em heterozigose são fenotipicamente semelhantes aos animais normais.

Na maioria das situações, especialmente em rebanhos comerciais, a seleção contra alelos recessivos indesejáveis pode ser feita pela eliminação dos produtos e, em um segundo passo, dos touros pais de produtos defeituosos. Em rebanhos de seleção, no entanto, o procedimento deve ser mais rigoroso, sugerindo-se: 1) eliminar todos os touros que tenham produzido bezerros indesejáveis e substituí-los por outros, não parentes; 2) retirar todas as fêmeas que tenham produzido bezerros indesejáveis e, se forem viáveis, conservá-las para testes de touros; 3) descartar todos os parentes mais próximos dos indivíduos portadores, mesmo que tenham tido prole normal. Recentemente, os testes de touros para características qualitativas vêm sendo substituídos pelo uso de marcadores moleculares, com vantagens do ponto de vista de custos e rapidez de resultados. Citam-se, neste caso, marcadores para cor da pelagem e característica mocha, dentre outros.

Modelo para a seleção de características quantitativas

A união de células reprodutivas com genes de efeitos desejáveis resulta na formação de indivíduos superiores. A chave da questão é identificar estes indivíduos e promover sua maior utilização na reprodução.

Tratando-se de características qualitativas, este trabalho é mais simples, uma vez que elas são controladas por poucos pares de genes e sofrem pouco efeito do ambiente. Para as quantitativas, no entanto, como é o caso da maioria das características de interesse econômico: pesos corporais, taxas de crescimento, musculosidade etc, além de ser en-

volvido um grande número de pares de genes observam-se efeitos muito acentuados do ambiente na expressão do fenótipo. Além disto, os fenótipos apresentam variação mais complexa, de natureza contínua, e a seleção só pode ser feita indiretamente, a partir da análise da variação existente entre os indivíduos. Assim, voltando-se à equação básica do melhoramento animal citada inicialmente, temos:

$$P = G + E + (G \times E)$$

Onde: P = valor fenotípico, ou seja: peso, ganho de peso, perímetro escrotal, etc.; G = valor genotípico, determinado pelo conjunto dos genes que atuam sobre a característica; E = efeito devido ao ambiente, ou seja: a quaisquer causas não genéticas que podem influenciar tal característica; GE = interações entre os genótipos e ambientes.

A partir desta relação, os componentes de variância devido ao fenótipo (VP), genótipo (VG) e ambiente (VE) assim se relacionam: $VP = VG + VE + V(GE)$. Caso o efeito de interação não seja significativo, a expressão pode ser simplificada como: $VP = VG + VE$. A variância genotípica pode, ainda, ser desdobrada em: $VG = VA + VD + VI$, onde: VA, VD e VI são, respectivamente, as variâncias devidas aos efeitos aditivos dos genes e aos efeitos de dominância e epistasia. Embora não se espera que sejam transmitidos à geração seguinte, pela quebra das ligações ocorridas durante a gametogênese, estes dois últimos componentes são importantes por constituírem a base do fenômeno conhecido por **heterose** ou **vigor híbrido**.

O componente que passa de geração a geração é o aditivo (VA), donde se define a herdabilidade (h^2) da característica, como $h^2 = VA / VP$.

Embora possa variar de rebanho para rebanho, de raça para raça, ou de ambiente para ambiente, a herdabilidade tende a apresentar valores uniformes para determinadas características. Características que apresentam baixos valores de herdabilidade (0,01 - 0,10) são menos sujeitas a modificações pela seleção do que outras com valores médios (0,10 - 0,50) ou altos (0,50 - 1,00). O melhoramento das primeiras poderia ser mais facilmente alcançado por melhorias nas condições de meio ambiente, especialmente relacionadas à saúde e nutrição dos animais do que por seleção.

Associada à herdabilidade, outros parâmetros de suma importância relacionados à herança das características quantitativas são as correlações, especialmente as correlações genéticas. Estas correlações, cujas principais causas são os efeitos pleiotrópicos dos genes e as ligações entre genes (*linkage*), indicam a extensão com que os mesmos genes atuam na expressão fenotípica das características. Em caso de correlações positivas, a seleção para uma característica implicará em resposta à outra no mesmo sentido, observando-se o contrário, ao se tratar de características correlacionadas negativamente.

Auxílios à seleção para características quantitativas

As fontes de informação mais comumente utilizadas na prática da seleção em gado de corte são: pedigree (ascendentes), progênie e colaterais e desempenho individual.

Em geral, informações de parentes, ancestrais ou colaterais, vinham sendo utilizados até recentemente, na história do melhoramento animal no Brasil, apenas como garantia de pureza da raça. Com a implantação de provas zootécnicas no final dos anos 60 do século passado e, posteriormente, com o advento da metodologia do modelo animal,

a partir da década de 90, as fontes de genealogia passaram a agregar mais precisão às estimativas de valor genético.

Em geral, as provas zootécnicas mais aplicadas em gado de corte são o controle do desenvolvimento ponderal (CDP), provas de ganho de peso (PGP) e testes de progênie (TP). O CDP consiste do acompanhamento periódico do peso dos animais, feito nas próprias fazendas, enquanto a PGP é uma modalidade de teste de desempenho mais frequentemente realizado em estações/centrais de prova.

Com o advento das técnicas de inseminação artificial e da aplicação de modelos mistos, a avaliação de reprodutores pelo teste de progênie clássico perdeu espaço para a avaliação de touros a partir dos dados de desempenho individual de suas progênies. Além disto, com uso do modelo animal e informações da matriz de parentesco, dados de desempenho de animais coletados de acordo com planos de trabalho detalhados em programas de melhoramento, a exemplo do Programa Geneplus-Embrapa lançado em 1996 (www.cnpqg.embrapa.br/geneplus; www.geneplus.com.br), passaram a proporcionar a estimação dos valores genéticos expressos em DEP – Diferença Esperada na Progênie de todos os indivíduos da população: produtos, matrizes e reprodutores. Como indica a sua própria denominação, Diferença Esperada na Progênie, a DEP representa a expectativa de resposta expressa na progênie pelo uso de determinado animal na reprodução, para as características de interesse, constituindo uma ferramenta essencial para a seleção.

A metodologia para estimação das DEPs é tratada no capítulo 12, as suas aplicações práticas são apresentadas nos capítulos 13 e 14 enquanto o Programa Geneplus é abordado no capítulo 19.

RESPOSTA À SELEÇÃO

Em uma análise superficial, a seleção, ou seja, a escolha dos melhores indivíduos da geração atual para pais da geração futura pode parecer um processo simples. No entanto, ao se escolher um animal escolhe-se o indivíduo como um todo com uma série de características, algumas delas até muito difíceis de serem avaliadas quantitativamente. O conceito de melhor, portanto, é muito complexo. Além da atenção às características objeto da seleção do ponto de vista genético, é preciso cuidado especial com a adaptabilidade e funcionalidade dos animais, tendo em vista o sistema produtivo, e com o valor econômico da produção, em função do mercado.

Do ponto de vista do criador e do consumidor, os melhores indivíduos poderiam ser aqueles que apresentassem adaptabilidade, eficiência na utilização dos recursos, saúde, fertilidade, longevidade, carcaça com bom acabamento e elevado rendimento e carne macia, suculenta e saborosa, dentre outras características.

Fica claro, portanto, que o processo de seleção é complexo. As características são muitas e de relações às vezes antagônicas. Difícilmente o melhoramento genético poderá ser alcançado de maneira simultânea para todas elas. Muitas e muitas gerações e perseverança de propósitos serão necessárias para o alcance de bons resultados, até que outros objetivos sejam definidos pelos sistemas de produção e mercados, reiniciando-se novos ciclos de seleção.

O ganho genético anual pode ser definido pela relação: (intensidade de seleção * variabilidade genética * precisão) / (intervalo de gerações). Assim, quanto maiores forem intensidade, variabilidade genética e precisão da seleção e quanto menor o intervalo de gerações, maior será a resposta anual à seleção.

A variabilidade genética e o intervalo de gerações, de certa forma, podem ser considerados parâmetros populacionais sobre os quais o criador pode intervir, diretamente, mas dentro de certos limites. A seleção continuada em rebanhos fechados, por exemplo, poderá provocar consanguinidade, com fixação de genes indesejáveis no rebanho, quando se tornaria benéfica a introdução de novas linhagens, revertendo-se o processo de diminuição da variabilidade genética. Por outro lado, grandes progressos têm sido observados com relação ao intervalo de gerações. Mesmo em raças zebuínas, conhecidamente mais tardias, são vários os exemplos de rebanhos com fêmeas e machos entrando em reprodução aos 14-18 meses de idade, proporcionando intervalos de geração de pouco mais de 24 meses, enquanto a média da população situa-se em 4-5 anos. No entanto, a fisiologia da própria espécie, certamente, estabelecerá os limites viáveis para este tipo de intervenção, considerando-se não apenas o ponto de vista biológico, mas também econômico.

Assim sendo, os pontos da equação de resposta à seleção sobre os quais o criador pode agir com mais liberdade e sucesso são a intensidade e a precisão da seleção. Entende-se por intensidade de seleção a proporção de animais retidos para reprodução em relação ao total de animais avaliados. Quanto maior esta intensidade, maior será o diferencial de seleção, diferença entre a média do grupo selecionado para a média do rebanho, de acordo com a característica de interesse. No entanto, em longo prazo, o aumento da intensidade de seleção, trabalhando-se em rebanho fechado, pode apresentar efeito negativo sobre a variabilidade genética, com diminuição da resposta à seleção. Outra forma de se aumentar a intensidade de seleção seria a busca de material genético de outros plantéis ou de empresas especializadas em biotécnicas reprodutivas, esbarrando-se, no entanto, em limitações de ordem econômica.

Desta forma, o termo da equação de resposta à seleção sem qualquer limitação para ação do criador e do melhorista é a precisão das estimativas de valor genético dos animais. Melhorias na precisão destas estimativas podem ser alcançadas pelo rigor do trabalho em todas as fases do processo: registro fidedigno dos acasalamentos e da identificação dos animais, informação correta do manejo (estação de monta, regime alimentar, etc.), equipamentos práticos e precisos para a tomada de medidas, rotina adequada de avaliação dos animais, indicadores de desempenho apropriados para a condução de análises estatísticas, metodologia adequada para análises genéticas e aplicação das informações geradas pelas análises na prática da seleção, acompanhadas da avaliação zootécnica dos animais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: BALANÇO E TENDÊNCIAS DO USO DE RECURSOS GENÉTICOS

São centenas as raças bovinas disponíveis e várias as alternativas para exploração destes recursos genéticos. O sucesso do empreendimento a ser desenvolvido depende, basicamente, da escolha de um biótipo animal adequado às características do sistema de produção e capaz de satisfazer as demandas do mercado.

O uso da raça melhor adaptada, sem dúvida, é a alternativa mais simples e a que pode proporcionar o menor custo de produção sendo, portanto, um bom ponto de partida. Ganhos de produtividade e de qualidade de produto podem ser alcançados, neste sistema, em primeiro lugar, pela atenção às necessidades básicas dos animais: saúde e alimentação. A implantação de um manejo reprodutivo correto, concomitantemente, pode contribuir para a criação de bezerras saudáveis e para a identificação de matrizes e reprodutores subfêrteis e/ou de baixa produtividade, os quais, rotineiramente, devem ser substituídos por animais geneticamente superiores.

Sistemas que envolvem cruzamentos entre raças podem agregar níveis mais elevados de qualidade de produto e de produtividade, inclusive com redução do ciclo de produção. No entanto, são mais complexos de serem gerenciados e, normalmente, de custos maiores. Desta forma, atenção às condições de mercado, cuidado na escolha das raças e das estratégias de reprodução e prática permanente dos princípios básicos de administração do negócio são condições essenciais para o sucesso desta alternativa.

Quanto à utilização dos recursos genéticos, de um modo geral, encontra-se consolidada a criação de raças europeias na região Sul e em regiões de altitude, no Centro-oeste e Sudeste, com predomínio das raças zebuínas nas demais regiões do país. Sistemas de produção intensivos, envolvendo animais puros e/ou cruzados, com uso de confinamento e sistemas integrados lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, tendem a se concentrar em regiões mais próximas de centros urbanos e de indústrias frigoríficas. Nestas condições observa-se ainda a manutenção de plantéis de seleção de raças puras, para comercialização de touros, e o uso de raças de dupla aptidão, especialmente em fazendas de menor porte. Em regiões mais distantes, carentes de infraestrutura, a tendência é o predomínio da pecuária extensiva de cria, recria ou de ciclo completo, em pastagens, com uso de touros melhoradores em monta natural.

Vem se observando, nos últimos anos, migração da pecuária das regiões Sul e Sudeste em direção ao Centro-oeste, Nordeste e, principalmente, Norte do país, em função de demandas da agricultura, indústria de biocombustíveis e florestas nas regiões de terras mais valorizadas. Nestas condições e diante do cenário que se descortina em função das mudanças climáticas, a adaptabilidade passará a ser ainda mais decisiva para o sucesso da produção de carne bovina em meio ambiente tropical demandando atenção permanente não apenas dos criadores, no estabelecimento dos sistemas de produção, como também dos programas de melhoramento genético animal, para planejamento de trabalhos de seleção em médio e longo prazos.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ATHANASSOF, N. Manual do criador de bovinos. São Paulo: Melhoramentos, 1953. 818p.
- BARBOSA, P.F. Cruzamentos para obtenção do novilho precoce. In: **Encontro Nacional sobre novilho precoce**. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1995. p.75-92.
- BYERLY, T.C.; FITZHUGH, H.A.; HODGSON, H.J.; NGUYEN, T.D.; SCOVILLE, O.L.J. **The role of ruminants in support of man**. Petit Jean Mountain, Arkansas, Winrock International Livestock Research and Training Center, 1978, 136 p.
- COTRIM, E. A fazenda moderna – guia do criador de gado bovino no Brasil. Bruxelas: Typographia V. Verteneuil & L. Desmet, 1913. 376p.
- ENSMINGER, B.S. **Beef cattle science**. Danville, Illinois, The Interstate, 6° ed, 1987, 1030 p.

- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. (Trad. M.A. Silva e outros...). Viçosa:Imprensa Universitária, 1987, 279p.
- FELIUS, M. **Genus bos: cattle breeds of the world**. New York:Merk, 1985, 234 p.
- FRIES, R.; RUVINSKY, A. **The genetics of cattle**. Ed. CABI Publishing, New York, NY, 1999. 710p.
- GRIFFITHS, A.J.F.; MILLER, J.H. SUZUKI, D.T.; LEWONTIN, R.C.; GELBART, W.M. **Introdução à genética básica**. (Tradução de Paulo Armando Motta). Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2002. 794p.
- JARDIM, V.R. **Bovinocultura**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas SP, 4ª ed, 1995, 524 p.
- JOSHI, N.R.; PHILLIPS, R.W. **Zebu cattle of India and Pakistan**. Roma, Food and Agriculture Organization, 1953, 256 p. ilustr.MASON, I.L. **Evolution of domesticated animals**. Ed. Longman Inc., New York, 1984. 452p.
- MacHUGH, D.E. **Molecular biogeography and genetic structure of domesticated cattle**. University of Dublin, Dublin, 274 p., 1996. (Tese de doutorado).
- PEIXOTO, A.M.; LIMA, F.P.; TOSI, H.; SAMPAIO, N.S. **Exterior e julgamento de bovinos**. Ed. José C. de Moura e Vidal P. de Faria. Piracicaba:FEALQ, 1989. 169 p. ilustr.
- PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Ed. FEP-MVZ, Belo Horizonte MG, 2008, 618 p.
- ROUSE, J.E. **World cattle**. Norman, University of Oklahoma Press, vol. I, III, 1973.
- ROSA, A.N.; SILVA, L.O.C.; PORTO, J.C.A. **Raças mochas: história e genética**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande MS, 1996, 64 p.
- ROSA, A.N.; SILVA, L.O.C.; NOBRE, P.R.C.; MARTINS, E.N.; COSTA, F.P.; TORRES JR., R.A.A.; MENEZES, G.R.O.; FERNANDES, C.E.S. **Pecuária de corte: vale a pena investir em touros geneticamente superiores?** Rev. ABCZ, Uberaba:ABCZ, mai-junho, 2013, p.92-96.
- SANTIAGO, A.A. **O Zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas SP, 1986, 744 p.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo:Nobel, 2000. 286 p.

AMBIÊNCIA E COMPORTAMENTO NO MANEJO REPRODUTIVO

Eliane Vianna da Costa-e-Silva
Gustavo Guerino Macedo
Paola Moretti Rueda
Daniele Gonçalves de Araújo
Carmem Estefânia Serra Neto Zúccari

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos setores de produção envolvidos na cadeia da carne bovina brasileira tem sido intenso nos últimos anos, desde o processo reprodutivo, na propriedade rural, até o beneficiamento das carcaças na indústria frigorífica. Muito tem sido feito no sentido de tornar cada etapa mais eficiente e barata, em busca de um produto final de qualidade ao consumidor.

Por outro lado, apesar da importância da reprodução neste processo e de grandes melhorias verificadas nas últimas décadas, ainda se verificam pontos de estrangulamento, com taxas médias de gestação, parição e de desmama muito aquém das possibilidades. Sabe-se, no entanto, que as características reprodutivas geralmente apresentam baixos a médios valores de herdabilidade, demonstrando a importância do efeito ambiental na expressão final destas características. Melhoras nesta fase dependem, portanto, do estabelecimento de estratégias de manejo adequadas, de melhorias nas práticas de criação e da capacitação do pessoal envolvido em todo o processo.

Atualmente um conceito mais amplo tem surgido – o de ambiência – que considera outro aspecto, o psicológico, que na realidade integraria vários aspectos do comporta-

mento do animal: experiências anteriores e condições atuais do ambiente social e da interação destes com o homem, que poderiam afetar a expressão máxima do potencial do indivíduo tanto sob o aspecto produtivo como o reprodutivo.

AMBIÊNCIA

A ambiência refere-se às relações entre o animal e o ambiente que o cerca. Ambiente é o espaço constituído por um meio físico e, ao mesmo tempo, por um meio psicológico preparado para o exercício das atividades dos animais que nele vivem. O ambiente externo compreende todos os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal, produzem reações no seu comportamento e definem, assim, o tipo de relação animal-ambiente.

Os fatores físicos do ambiente incluem espaço, arquitetura da pastagem, luz, som e equipamentos; os gases presentes na atmosfera figuram como fatores químicos e a natureza do material alimentar representa um fator biológico ambiental. Os fatores sociais incluem a taxa de lotação, a categoria animal (touro, vaca, novilha, bezerro, etc.), o comportamento e a ordem de dominância, ocasionando disputas por recursos ou espaço; o ambiente térmico do animal é composto por elementos como temperatura, velocidade e umidade do ar e radiação solar. Muitas vezes, esses componentes ocorrem em valores extremos prejudicando a homeostase do organismo, tendo como consequência a diminuição da resposta produtiva, e em casos extremos, pode levar o animal à morte.

Compondo o ambiente ainda há os aspectos psicológicos: ambiente social no qual interagem não só os animais da mesma espécie que formarão o seu grupo social, assim como os possíveis predadores, animais de outras espécies e até mesmo o ser humano. Desses uma importante fonte de estresse é a interação humano-animal, que abrange toda a rotina de manejos dos animais.

ESTRESSE

Estresse é um efeito ambiental sobre um indivíduo que coloca uma sobrecarga sobre o seu sistema de controle e reduz a sua capacidade de adaptação, ou *fitness*, o que envolve aumento de mortalidade e insucesso no crescimento ou na reprodução. O termo estresse também pode ser definido como um sintoma resultante da exposição do animal a um ambiente hostil, com consequentes prejuízos para a homeostase. O animal responde com uma série de reações não específicas de adaptação, ativando mecanismos físicos e fisiológicos, na tentativa de restabelecer o equilíbrio orgânico (homeostase).

A adaptação biológica pode ser definida como uma série de mudanças morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais que conferem ao animal características capazes de promover o seu bem-estar, favorecendo sua sobrevivência no ambiente específico no qual se encontra. A adaptação fundamenta-se nas reações fisiológicas de ajuste dos indivíduos aos estímulos diretos do meio, temperatura e umidade, e indiretos: disponibilidade alimentar, manejo geral, endo e ectoparasitas. Se um animal

não consegue manter sua homeostase diante de estímulos prejudiciais do meio, ele entrará em estresse, comprometendo seu bem-estar, saúde e desenvolvimento corporal.

ESTRESSE TÉRMICO E ADAPTAÇÃO

Em geral, temperaturas médias acima de 27°C, associadas à umidade relativa do ar acima de 70%, são suficientes para limitar os processos fisiológicos de animais, quando transferidos de um ambiente temperado para regiões tropicais. Sob condições de estresse os animais acionam mecanismos adaptativos que implicam diretamente em mudanças na taxa metabólica, temperatura corporal, frequências respiratória e cardíaca, alterações hormonais e metabólitos sanguíneos. Estas mudanças ocorrem para promover a adaptação do organismo ao meio e geralmente implicam em perdas na produtividade.

O clima quente atrasa a puberdade de touros jovens, podendo levar estes animais a quadros clínicos degenerativos leves ou graves, dependendo das características individuais e adaptativas da raça. Observam-se variações sazonais significativas no perímetro escrotal e na qualidade espermática. A exposição direta do testículo a altas temperaturas provoca alterações em certas etapas críticas do ciclo espermatogênico e, por períodos prolongados, pode levar a processos degenerativos testiculares irreversíveis.

A qualidade do sêmen é comprometida pelas altas temperaturas. Durante a segunda semana que se segue a um estresse térmico, a motilidade espermática cai e a percentagem de espermatozoides anormais no ejaculado de bovinos aumenta. Há ainda influência negativa direta da temperatura ambiente sobre o volume e a capacidade de sobrevivência *in vitro* dos espermatozoides de touros europeus. Raças zebuínas também apresentam alteração da qualidade seminal, pH e congelabilidade, cerca de três semanas após serem submetidas a uma temperatura ambiente máxima acima de 33°C. Estes fatos demonstram a influência da temperatura sobre a produção espermática e chamam a atenção para a influência que o ambiente pode exercer sobre a eficiência reprodutiva dos touros.

Touros europeus se desgastam mais rapidamente e tendem a buscar meios que os ajudem a alcançar homeostase: procuram sombra, aumentam a ingestão de água, diminuem os períodos de pastejo e no decorrer da estação de monta debilitam-se a ponto de diminuir sua vida útil. Dentro de uma mesma estação de monta, devido a características comportamentais associadas ao calor, se desgastam mais e necessitam de substituição, revezando períodos de atividade com descanso.

A disponibilização de sombra é uma estratégia interessante para minimizar os efeitos do calor sobre a puberdade de machos e também sobre a atividade reprodutiva de bovinos adultos. Nestas condições, touros Brangus melhoram a qualidade seminal, aumentando a motilidade espermática alcançando a puberdade mais cedo. No ato da compra de machos jovens de raças europeias e/ou de compostas, devem ser observadas características individuais de adaptabilidade, antes de serem adquiridos. Muitas vezes estes animais são comprados no sul do país com a pretensão de serem levados para regiões mais quentes. Em caso de animais dos quais não se dispõe de avaliação genética para adaptabilidade, o técnico que realizar o exame andrológico deve também observar respostas fisiológicas relacionadas ao estresse por calor. Estas respostas são taquicardia, taquipneia, salivação excessiva e elevação da temperatura retal. Animais que apresentam

este tipo de resposta em condições mais amenas que as observadas na região a que serão destinados, não devem ser adquiridos, sob o risco de apresentarem degeneração testicular em pouco tempo, o que pode levar a subfertilidade e até mesmo infertilidade, além de, nos casos mais graves, haver risco de morte.

Raças europeias (*Bos taurus*) possuem menor eficiência de termorregulação corporal do que as zebuínas (*Bos indicus*) por uma série de características que as tornam menos eficientes do ponto de vista adaptativo em ambientes tropicais. Bovinos desta espécie têm menor número de glândulas sudoríparas, e em menores volumes, o que diminui a eficiência de perda de calor por sudorese. Os zebuínos, além deste diferencial, ainda apresentam superfície corporal mais extensa, com barbela mais farta e pele mais pregueada ao longo do corpo, o que facilita as trocas de calor com o meio ambiente.

O número de pelos por unidade de área apresenta relação com a capacidade de acumular calor. Neste aspecto, a raça zebuína Nelore apresenta características fisiológicas e morfológicas (espessura da pele, comprimento, densidade e cor dos pelos) que favorecem as trocas térmicas. Os altos níveis de melanina na epiderme proporcionam a proteção necessária contra a radiação ultravioleta. Os animais de raças taurinas, ao contrário, que têm um pelame de maior densidade e espessura, têm maior dificuldade de efetivar o mecanismo de sudorese.

Apesar de adaptadas, as raças zebuínas apresentam variabilidade genética quanto à adaptabilidade a ambientes hostis, mesmo inseridos em meio tropical. Trabalhos realizados pela Embrapa Pantanal com a raça Nelore possibilitaram a comprovação de que quando avaliados na idade adulta, animais transferidos do Planalto Central para a planície do Pantanal Sul-mato-grossense logo após a desmama (12 meses), recriados em campo nativo, apresentaram menores pesos corporais e perímetro escrotal que outros, contemporâneos de mesma linhagem, mantidos em melhores condições alimentares, em pastagem cultivada de *Brachiaria humidicola*. Nestas condições os touros expressaram melhor suas características reprodutivas e apresentaram menores taxas de descarte para reprodução. Já os animais transferidos do Planalto para o Pantanal aos 24 meses de idade apresentaram melhor performance adaptativa do que os touros transferidos aos doze meses, quer recriados em campo nativo ou humidicola. Observou-se ainda efeito de linhagem, especialmente associado ao tamanho dos animais, aferido pela altura no posterior, sobre essas características adaptativas. Estes resultados indicam que mesmo considerando uma raça zebuína, algumas práticas de manejo devem ser consideradas, quando se trata de ambientes desafiadores, tais como o Pantanal. Além disso, a variabilidade entre indivíduos ou entre linhagens dentro de uma mesma raça constitui valioso recurso para o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento genético para a obtenção de animais mais adaptados e, por isso, mais eficientes nos citados ambientes.

Em fêmeas, o estresse por calor vem sendo considerado um dos principais fatores de falha reprodutiva, incluindo danos ao desenvolvimento e maturação oocitária, desenvolvimento embrionário inicial e fetal, lactação e endocrinologia reprodutiva. Vacas receptoras proporcionam menor taxa de prenhez quando apresentam maior temperatura de pele sendo que a probabilidade de prenhez pode ser elevada em cerca de 25% entre o início e o final da tarde. Doadoras Nelore diminuem a produção de embriões bem como a taxa de embriões viáveis, quando submetidas a condições estressantes de calor. Para tentar mini-

mizar tais prejuízos, é necessário melhor entendimento da influência térmica sobre os processos reprodutivos, com o objetivo de aperfeiçoar o manejo para aumentar a fertilidade.

Os oócitos e embriões bovinos são sensíveis ao estresse por calor, principalmente do proestro até o 3º dia pós-inseminação, quando ainda há baixa expressão gênica embrionária, independente do genótipo, *Bos taurus* ou *Bos indicus*. Embora embriões e vacas com genótipo taurino sejam mais sensíveis, vacas zebuínas também sofrem efeitos negativos do calor sobre em suas características reprodutivas. Em fêmeas Nelore, uma elevada sensação térmica, provocada por temperatura e umidade excessivas, principalmente durante os meses mais quentes do ano no dia da inseminação artificial (IA) e nos dois primeiros dias pós-concepção, compromete a eficiência reprodutiva e leva à diminuição do número de embriões e da taxa de viabilidade dos mesmos.

Estes efeitos são muito mais pronunciados em gado de leite, principalmente de alta produção, que apresentam menor taxa de concepção à inseminação e repetição de serviço durante os meses quentes. Isto, entretanto, não é observado, quando se utiliza transferência de embriões congelados que foram produzidos nos meses de temperaturas amenas, não havendo assim variação sazonal na concepção, uma vez que estes com sete dias de idade já possuem uma maior ativação gênica e conseguem se defender mais facilmente do ambiente quente intrauterino. Desta maneira, para vacas leiteiras (com genótipo predominantemente europeu) sugere-se a alteração do ambiente por acondicionamento térmico natural (localização do galpão, orientação, paisagismo circundante e materiais adequados de cobertura) e artificial (ventilação forçada e resfriamento evaporativo do ar).

No caso de bovinos de corte, o acesso a recursos facilitadores de termorregulação deve ser oferecido durante a estação de monta, com o intuito de se diminuir a influência térmica. Com isto, pode-se manter o animal sob termoneutralidade, considerando as temperaturas críticas inferiores a 6°C e 7°C e as críticas superiores de 27°C e 35°C para taurinos e zebuínos, respectivamente. Dessa forma, apesar da variação sazonal ainda persistir, estes manejos poderão sem dúvida melhorar a eficiência reprodutiva. Os benefícios sobre a qualidade do sêmen podem ser observados até mesmo em touros mantidos em centrais de coleta e processamento de sêmen onde são mantidos em boas condições nutricionais o ano inteiro.

Como observado anteriormente, os zebuínos são adaptados ao clima tropical por apresentarem características fisiológicas e morfológicas que favorecem as trocas térmicas. Entretanto, no período de frio o zebuíno pode ter dificuldade de manter a homeostase, já tendo sido observado aumento no número de embriões degenerados e pobres, nestas condições. Por exemplo, a taxa de viabilidade embrionária e o número de embriões coletados diminuem quando a temperatura se encontra abaixo de 10°C. O frio também pode comprometer a produção de calor do animal e, em condições extremas de oscilação, pode causar hipotermia.

Diversos recursos de seleção e de manejo para adaptação podem e vêm sendo utilizados para garantir o bom desempenho de raças precoces e de alta produção de carne, mas menos adaptadas ao clima tropical. Há que se considerar que mesmo raças zebuínas sofrem o efeito do meio e acionam os recursos disponíveis no ambiente para garantir a homeostase. A oferta suficiente destes recursos no sistema é essencial. Em se tratando de regiões de altas temperaturas e umidade é necessário deixar a disposição sombra em quantidade suficiente para que todos os animais possam se abrigar ao mesmo tempo.

Outra questão a ser considerada é a distribuição de água. Os bovinos se deslocam a partir dos pontos de oferta de água e andam entre três e 10 km por dia. Desta forma, pastos muito grandes para serem bem utilizados requerem uma distribuição de pontos de água que na qual se considere essa distância entre bebedouros. Por outro lado, em ambiente de baixa temperatura, é necessária atenção no fornecimento de barreiras naturais (como matas e capões) para que os animais se abriguem das correntes de ar frio. O ideal é que as duas opções de vegetação estejam disponíveis no ambiente, para que o animal se abrigue conforme sua necessidade do momento.

AMBIENTE SOCIAL

O tamanho do grupo e a densidade de animais interferem na definição das condições sociais. Se o espaço disponível for considerável, pode ocorrer diminuição da agressividade mesmo com maior número de animais, pois devido a menor densidade um dado animal teria condições de se afastar de outro, diminuindo os encontros competitivos.

Fatores como tamanho e forma dos chifres, temperamento, experiência em lutas anteriores, sexo, raça e saúde são importantes para o posicionamento social dentro de um rebanho. O comportamento agressivo de machos dominantes pode inibir, ou impedir, a cobertura de vacas do rebanho por touros de categoria social inferior. O efeito da hierarquia já está bem demonstrado em touros europeus. Em zebuínos, embora estes sejam mais cooperativos, aceitando a proximidade de outros machos nos grupos sexualmente ativos, observa-se o privilégio do acasalamento para os animais dominantes.

A estabilidade social ou o tempo de convivência dos touros afeta a sua atividade sexual. Nos lotes formados há mais tempo, o efeito da dominância sobre a atividade sexual é evidente, mas em grupos nos quais ainda não foi estabelecida a ordem de dominância, não se observam diferenças na atividade sexual como um todo, nem na efetivação do acasalamento, ou seja, execução do serviço completo. Isto sugere que há um componente de aprendizado envolvido. Este fato também foi registrado em testes de libido realizados em touros jovens.

A variação da idade dos touros dentro de grupos reforça os efeitos da dominância sobre a atividade sexual. Em grupos com touros de idades diferenciadas observa-se diminuição do número de montas e acasalamentos completamente realizados, assim como do número de vacas montadas e servidas, em relação a grupos formados por touros de idade similar. Em estudo realizado com grupo de touros de diversas idades, touros mais velhos produziram mais filhos que os mais jovens. Em outro experimento, no qual vacas foram expostas a três ou quatro touros por cinco anos consecutivos e cujos filhos tiveram a paternidade identificada por tipagem sanguínea, observou-se que os dois touros mais velhos foram pais de 60% ou mais dos bezerras, a cada ano, enquanto o mais jovem foi pai de 15% ou menos (Chenoweth, 1981).

Menor número de vacas por touro acentuam os efeitos da competição entre machos enquanto maior oferta de cio diminui a competição, permitindo que touros subordinados aumentem sua atividade sexual. Em touros Nelore, observa-se o privilégio de dominantes na monta, quando se utiliza a proporção touro:vaca tradicional de 4% (1 touro: 25 vacas) e até mesmo 2% (1 touro: 50 vacas). Nestas condições, os touros dominantes

chegam a executar até 100% das montas. Havendo maior oferta de cio, observa-se uma queda da exclusividade das montas pelos touros dominantes, para cerca de 45% delas. Outro comportamento característico de machos zebuínos dominantes é que os mesmos compartilham o cortejo de uma fêmea com subordinados; no entanto a consumação da monta é garantida ao dominante, quando a oferta de incidência de cio for baixa. Touros dominantes ainda garantem a preferência na ordem de monta em 63,64% e 58,33% das vezes, quando iniciam ou não o cortejo, respectivamente (Costa e Silva, 2002).

COMPORTAMENTO SEXUAL

O comportamento sexual do touro é afetado pelo estresse térmico. Raças europeias, não adaptadas ao calor, apresentam de forma geral comportamento de cortejo da fêmea envolvendo uma série de eventos que provavelmente levam a maior produção de calor interno que zebuínos. Em touros europeus, comportamentos como tentativa de monta ocorrem em um período muito mais próximo à ocorrência do serviço completo (que envolve a monta, penetração e arranque final, com ejaculação no trato reprodutivo feminino), mas em touros Nelore a campo, e, mesmo, em testes de libido, outros comportamentos se acentuam, como, por exemplo, cheirar a genitália da fêmea e o impulso de monta, que aparentemente, para touros Nelore, exigem menor esforço físico que para touros europeus. Tais resultados sugerem que animais mais adaptados usam recursos que propiciam um menor desgaste no processo de cortejo e monta.

De maneira geral, os touros zebuínos apresentam menor número de serviços completos/fêmea em cio do que os europeus, bem como menor número de tentativas de monta. Apesar disso as taxas de prenhez no campo, em ambiente tropical, não têm apresentado reflexo de uma suposta libido “inferior” do zebu. Isto sugere que estas diferenças no comportamento sexual, que não resultam em redução na fertilidade a campo, sejam decorrentes de ajustes adaptativos, com a perspectiva de que o comportamento sexual dos zebuínos seja mais apropriado ao meio tropical, resultando em menor desgaste dos machos durante a atividade reprodutiva.

Os estudos do comportamento sexual do zebu foram estimulados a partir dos resultados negativos dos testes comportamentais e, principalmente, em decorrência das melhores perspectivas de utilização de touros zebuínos sob proporções touro:vaca muito mais baixas que as utilizadas em raças europeias. Em vista disto, tem-se questionado a utilização destes testes para zebuínos e mesmo se as proporções touro:vaca adotadas realmente estariam desafiando a capacidade dos touros.

No Brasil, touros zebuínos têm sido submetidos a relações touro:vaca inferiores à sugerida para europeus. Em touros zebuínos já foram testadas as proporções de 1:40, 1:60, 1:80, 1:100 e até 1:200, observando-se dispersão nas gestações obtidas no decorrer da estação de monta apenas quando se trabalha com menores percentuais de machos entre 1 e 0,5%. Por outro lado, a eficiência de detecção de cio com uso de touros europeus já foi testada em 1:40, 1:60 sem que houvesse prejuízo na fertilidade ao final da estação de monta.

Observações de touros europeus demonstram que estes sofrem influência na eficiência de detecção de cio, à medida que a relação touro:vaca é alterada. Na taxa de 20 a 30

vacas/touro, os machos montam 95% a 100% das fêmeas em cio, mas se esta relação for elevada à 60:1 a proporção de vacas montadas pode cair a 64-66%. Se elevarmos para 100 vacas por touro, a eficiência cai para 51% (Blockey, 1976).

TEMPERAMENTO E REATIVIDADE

O estresse é um dos fatores que podem comprometer a produtividade de um rebanho e o temperamento junto com as experiências prévias são essenciais para a definição da “estressabilidade” dos indivíduos. Animais mais reativos acarretam maiores custos e menor lucratividade ao produtor em função de maior demanda de funcionários, mais tempo de trabalho no manejo dos animais, aumento da incidência de acidentes envolvendo animais e trabalhadores, além de lesões de carcaça, com diminuição da qualidade da carne, e diminuição da vida útil das instalações na fazenda (currais, troncos, balanças, cercas etc.).

Temperamento, no caso de animais, pode ser definido como as respostas comportamentais relacionadas ao medo durante a manipulação humana. Em um sentido mais amplo, pode ser definido como o conjunto de traços psicofisiológicos estáveis de um dado indivíduo, determinando suas reações emocionais. Para avaliá-lo pode ser considerado apenas um ou vários de seus aspectos, medindo-se comportamentos que indiquem a tendência de um dado animal ser mais ou menos reativo, agressivo, ágil, atento, curioso, dócil, esperto, medroso, teimoso, tímido, dentre outras características. A reatividade é um dos indicadores mais usados, medindo-se a resposta do bovino frente a um determinado tipo de manejo, como por exemplo, a pesagem.

Ao se avaliar a possibilidade de se modificar a intensidade dessas reações pela seleção, vários autores encontraram valores baixos a moderados de herdabilidade em diferentes raças, entre 0,11 e 0,58, dependendo do tipo de medida ou escore utilizado e da raça. Isto torna evidente o forte efeito de ambiente sobre estas características, demonstrando a importância do manejo (ambiente), embora haja também variabilidade genética que pode proporcionar resposta à seleção de animais com melhores características.

São vários os métodos de avaliação do temperamento, existindo medidas qualitativas e quantitativas, em situações de restrição ou não. Por exemplo, pode-se avaliá-lo através de escores atribuídos aos animais no tronco de contenção (restrição de espaço) ou escore de saída do tronco (animal em campo aberto). Os métodos quantitativos mais utilizados são velocidade e distância de fuga.

A velocidade de fuga é a principal característica utilizada nas pesquisas em animais de produção. Ela é muito utilizada para relacionar o efeito do temperamento sobre o ganho de peso, qualidade da carcaça e carne, eficiência reprodutiva, qualidade de leite e em estudos relacionados ao melhoramento genético. Ela é definida pelo tempo que os animais gastam para percorrer uma determinada distância imediatamente após saírem do tronco/balança.

As experiências prévias vividas pelo animal são importantes na definição do seu temperamento. Por exemplo, manejos sucessivos adotados em fêmeas em programas de transferência de embriões (TE) e em programas de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) levam alguns animais a expressar respostas de medo. A interação entre a memó-

ria do indivíduo e a genética resulta em respostas comportamentais que podem variar da calma ao pânico, conhecido como *freezing* (“congelar de medo”) caracterizado por dilatação das pupilas (midríase), tremores, tensão intensa e imobilidade. Esta resposta comportamental é associada a menor eficiência reprodutiva de doadoras e diminuição da probabilidade de prenhez em fêmeas submetidas a inseminação artificial em tempo fixo. Os manejos consecutivos no curral acarretam respostas fisiológicas e comportamentais típicas de comprometimento do bem-estar animal com a ocorrência de sensibilização ao manejo.

Para diminuir respostas comportamentais e fisiológicas indesejadas do gado, podem ser utilizados processos de habituação e de aprendizado associativo positivo (condicionamento), durante o manejo. Estes tipos de aprendizagem (treinamento) têm sido desenvolvidos com sucesso em vários sistemas de produção de gado de leite e corte em sistema extensivo, com repercussão positiva sobre o manejo, facilitando-o, diminuindo a reatividade em manejos posteriores e também melhorando o desempenho dos animais. A este respeito, processos de treinamento do gado antes de iniciar a IATF apresentaram reflexo positivo sobre a eficiência reprodutiva tanto em fêmeas cruzadas quanto em Nelore agregando de 13 até 17 pontos percentuais à taxa de prenhez (RUEDA, 2013).

INTERAÇÕES ENTRE HUMANOS E BOVINOS

A qualidade da interação humano-animal (IHA) precisa ser mais bem avaliada e valorizada, pois além do tempo despendido no cuidado dos animais é preciso saber se os estímulos foram positivos, negativos ou neutros. Ou seja, se a interação foi agradável ou não para cada um. Uma boa rotina de manejo pode contribuir para a redução de acidentes nas mais diversas atividades realizadas nos currais, tais como: vacinação, exame andrológico, marcações etc. e também evitar problemas como a baixa taxa de ovulação, baixa qualidade embrionária, de corpo lúteo, assim como perda embrionária/fetal após a confirmação do diagnóstico de gestação com 60 dias pós-estro.

É inevitável que práticas humanas aversivas ocorram no decorrer da vida do animal, como vacinação, marcação e castração. No entanto inúmeras atitudes comuns na lida com o animal são perfeitamente evitáveis, tais como elevação da voz, pancadas e utilização de ferrão, seja ele, elétrico ou não.

O processo reprodutivo demanda um contato constante com os animais que dele participam, justamente em momentos críticos nos quais o estresse pode ter efeitos negativos sobre a eficiência reprodutiva. Por exemplo, a observação de cio é um dos maiores pontos de estrangulamento da inseminação artificial, pois este manejo depende da observação humana, embora o auxílio de rufiões seja essencial. Um rodeio é uma rotina que deve ser estabelecida com tranquilidade e método. O comportamento de cio pode ser diminuído ou suprimido em diferentes circunstâncias tais como tipo de piso, inibição social, calor intenso, barulho etc. Embora possa ser utilizada manipulação hormonal para a sincronização da ovulação, para evitar o problema de baixa identificação de cio, aumenta-se por outro lado a interação humano-animal, razão pela qual esta deve ser de boa qualidade.

Sob esta perspectiva, o cuidado no manejo de animais em reprodução deve ser redobrado. Momentos de manejo reprodutivo intenso como observação de cio, tempo

de espera para o procedimento de inseminação artificial (IA), IATF, transferência de embriões (TE) e diagnóstico de gestação devem ser monitorados constantemente. Recomenda-se que estas fêmeas sejam manejadas com calma, para minimizar o estresse, que pode diminuir a expressão do cio, alterar a maturação oocitária, retardar o processo ovulatório, prejudicar a fertilização e uma vez prenhes, acarretar aumento na perda embrionária. Doadoras de embriões Nelore submetidas a uma interação humano – animal de baixa qualidade (mais acidentes, maior tempo para serem manejados, ouvindo mais gritos dos vaqueiros) apresentam-se fisiologicamente como “estressadas”, com uma maior concentração circulante de cortisol o que resulta em uma diminuição de até 19% na taxa de viabilidade embrionária (Macedo et al., 2011).

A falta de pessoal qualificado nessas práticas é um dos fatores limitantes na obtenção de resultados satisfatórios. Imperfeições na manipulação do sêmen, na execução da técnica de IA e mesmo a qualidade da interação humano-animal durante o procedimento de manejos da IATF e principalmente no dia da IA, são geralmente apontados como componentes relevantes, embora fatores ligados à satisfação com o trabalho e à qualidade de vida também o sejam. Os trabalhos do Grupo de Estudos em Reprodução de Bovinos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (GERA-MS) têm demonstrado que o nível de satisfação dos trabalhadores ligados às atividades de IATF influenciam os resultados de fertilidade. Nestes trabalhos verificou-se ainda que a satisfação dos trabalhadores é mais evidentemente associada à qualidade das relações entre eles e deles com os gerentes dos programas de IA e/ou da propriedade do que com os próprios níveis de retorno financeiro do trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhoria da eficiência reprodutiva em bovinos de corte pode ser alcançada pela seleção de características reprodutivas, manejo nutricional e sanitário adequados, mas também é essencial oferecer condições favoráveis de bem-estar. Isto implica na adequação do ambiente físico e psicológico de criação do gado. Algumas recomendações gerais podem ser feitas:

- Disponibilizar sombra adequada tanto para bovinos manejados extensivamente como intensivamente, independente da raça;
- Em áreas de manejo extensivo, distribuir fontes de água na pastagem, facilitando o acesso sem longas caminhadas;
- Formar os lotes de touros para monta natural com antecedência e evitar misturar indivíduos de raças ou idades diferentes, assim como touros aspados com não aspados;
- Treinar as pessoas que lidam com o gado para fazê-lo com tranquilidade, respeitando a biologia da espécie;
- Selecionar os animais considerando também a reatividade e adaptabilidade ao ambiente tropical.
- Em programas de IATF, deve-se sincronizar o número de fêmeas suficiente para serem inseminadas em um período do dia (manhã ou tarde) e fornecer água em quantidade e qualidade suficiente.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ARAUJO, D.G. **Efeito da variação térmica na produção embrionária de doadoras Nelore**. 2011. 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande - MS.
- BLOCKEY, M.A.B. Observations on group mating of bulls at pasture. **Appl. Anim. Ethol.**, v.5, s/n, p.15- 34, 1979.
- BOIVIN, X.; NEINDRE, P.L.; CHUPIN, J.M. Establishment of cattle-human relationships. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 32, p. 325-335, 1992
- BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. **Stress and animal welfare**. London: Chapman & Hall, 1993. 211p.
- BURROW, H.M.; SEIFEIRT, G.W.; COBERT, N.J. A new technique for measuring temperament in cattle. **Aust Soc Anim Prod.**, v. 17, p. 154 -158, 1988.
- BURROW, H.M. Variance and covariances between productive and adaptative traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle. **Liv Prod. Sci.**, v. 70, p. 213-233, 2001.
- CHIQUITELLI NETO, M. **Efeitos do sombreamento artificial no comportamento e no desempenho de touros jovens da raça Brangus**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / UNESP, Jaboticabal - SP, 2002. 63p.
- COOKE, R.F.; BOHNERT, D.; MENEGHETTI, M. et al. Effects of temperament on pregnancy rates to fixed-timed AI in *Bos indicus* beef cows. **Liv. Sci.**, v. 142, p. 108-113, 2011.
- COSTA E SILVA, E.V. **Comportamento sexual de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) em monta a campo e em testes de libido**. 2002. Teses. (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002, 137p.
- CRICHTON, J.S.; LISHMAN, A.W. Factors influencing sexual behaviour of young *Bos indicus* bulls under pen and pasture mating conditions. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v.21, n.4, p. 281-292, 1988.
- FONSECA, V.O.; COSTA, E.; SILVA, E.V.; HERMANNY, A. et al. Características seminais e circunferência escrotal de touros Nelore em diferentes estações do ano. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.17, n. 3-4, p. 135-145, 1993.
- FONSECA, V.O. Puberdade, adolescência e maturidade sexual: aspectos histo-patológicos e comportamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989. Belo Horizonte, **Palestras...** Belo Horizonte: CBRA, 1989. p.77-93.
- FORDYCE, G.; BURROW, H. Temperament of *Bos indicus* bulls and its influence on reproductive efficiency in the tropics. In: **Workshop of Bull Fertility**, v. 1, p. 35-37, 1992.
- FORDYCE, G.; FITZPATRICK, L.A.; COOPER, N.J. et al. Bull selection and use in Northern Australia 5. Social behaviour and management. **Anim. Reprod. Sci.**, v. 71, p. 81-99, 2002.
- GODFREY, R.W.; LUNSTRA, D.D. Influence of single or multiple sires and serving capacity on mating behavior of beef bulls. **J. Anim. Sci.**, v.67, n.11, p.2897-2903, 1989.
- LANDAETA-HERNANDEZ, A.J.; YELICH, J.; LEMASTER, J.W. et al. Environmental, genetic and social factors affecting the expression of estrus in beef cows. **Theriogenology**, v. 57, p. 1357-1370, 2002.
- LÓPEZ, H.; ORIHUELA, A.; SILVA, E. Effect of the presence of a dominant bull on performance of two age group bulls in libido tests. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v.65, p.13-20, 1999.
- MACEDO, G.G.; ZÚCCARI, C.E.S.N.; ABREU, U.G.P. et al. Human-animal interaction, stress, and embryo production in *Bos indicus* embryo donors under tropical conditions. **Trop Anim Health Prod.** v.46, p.1175-1182, 2011.
- MACEDO, G.G.; ZÚCCARI, C.E.S.N.; COSTA E SILVA, E.V. Temperature and humidity in the Brazilian center-east affecting the *in vivo* embryo production of Nelore cows. **Arch Vet Sci.**, v.17, n.1, p.44-51, 2012.
- ORIHUELA, A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v.70, n.1, p.1-16, 2000.
- PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; COSTA E SILVA, E.V.; CHIQUITELLI NETO, M. et al. Contribuição dos estudos do comportamento de bovinos para implementação de programas de qualidade de carne. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 20, 2002. Natal, **Anais...** Natal, SBET, 2002, p.71-89.
- PICCINALI, R.; GALINA, C.S.; NAVARRO-FIERRO, R. Behavioral patterns of zebu bulls towards females synchronized with PGF2 alfa or oestrogens under corral and field conditions. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v.35, n.2, p.125-133, 1992.

- PINEDA, N.R.; FONSECA, V.O.; PROENÇA, R.V.; Potencial reprodutivo de touros Nelore: libido, capacidade de serviço e eficiência em acasalamentos com elevada proporção touro:vaca. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.24,n.1, p. 44-51, 2000.
- RODRIGUEZ, C.; GALINA, C.S.; GUTIÉRREZ, C. et al. Evaluación de la actividad sexual de los toros cebu bajo condiciones de empadre múltiple con hembras sincronizadas con PGF2 . **Ciencias Veterinarias**, v.15, n.1, p. 41-49, 1993.
- ROSA, N.A.; SCHENK, J.A.P.; BARROS, J.L. et al. Performance adaptativa de touros Nelore introduzidos no pantanal sul-mato-grossense em relação a touros Nelore crioulos locais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza, CE, **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998 - cd-rom.
- RUEDA, P.M. **Alterações comportamentais e hematológicas em fêmeas bovinas submetidas a inseminação artificial em tempo fixo**. 2009. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- RUEDA, P.M. **Qualidade de manejo e temperamento de bovinos: efeitos na eficiência reprodutiva de fêmeas submetidas a um protocolo de inseminação artificial em tempo fixo**. 2012. 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- RUPP, G.P.; BALL, L.; SHOOP, M.C. et al. Reproductive efficiency of bulls in natural service: effects of male to female ratio and single vs. multiple-sire breeding groups. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**, v.171, n.7, p.639-642, 1977.
- RUSSI, L.S.; COSTA E SILVA, E.V.; ZUCCARI, C.E.S.N. et al. Impact of the quality of life of inseminators on the results of artificial insemination programs in beef cattle. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, n.7, p.1457-1463, 2010.
- SALVADOR, D.F.; ANDRADE, V.J.; VALE FILHO, V.R. et al. Avaliação da libido de touros Nelore adultos em curral e suas associações com características andrológicas e desempenho reprodutivo a campo. **Arq Bras Med. Vet e Zootec.**, v. 55, n.5, p. 588-593, 2003.
- SANT'ANNA, A.C.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; BALDI, F. et al. Genetic associations between flight speed and growth traits in Nellore cattle. **J Anim Sci**, no prelo: doi: 10.2527/jas.2011-5044, 2013
- SANTOS, M.D.; TORRES, C.A.A.; RUAS, J.R.M. et al. Potencial reprodutivo de touros da raça Nelore submetidos a diferentes proporções touro:vaca. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n.4, p.497-503, 2004.
- SANTOS, N.R.; HENRY, M.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R. et al. Comportamento sexual de touros da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) em diferentes épocas do ano. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.25, n.2, p. 178-180, 2001.
- SETCHELL, B.P. The parkes lecture* Heat and the testis. **J. Reprod. Fert.**, v.114, p.179-194, 1998. SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000, 450p.

APTIDÃO REPRODUTIVA DE TOUROS

Carlos Eurico Fernandes
Adriane Lermen Zart
Luiz Carlos Louzada Ferreira
Antonio do Nascimento Rosa

INTRODUÇÃO

Aptidão reprodutiva pode ser entendida como um conjunto de atributos expressos pelos animais que possibilitam aos mesmos atingir níveis satisfatórios de fertilidade e, por consequência, de eficiência reprodutiva no rebanho. Tratando-se de machos, esses atributos podem ser observados e obtidos desde o nascimento, passando pelas fases de cria e recria até atingir a puberdade, período aconselhável para avaliação clínica e seminal. Portanto, a aptidão de um macho não se restringe apenas aos exames andrológicos no início da vida reprodutiva ou de rotina, ao longo de sua vida útil, mas pelo reconhecimento do seu potencial zootécnico em consonância com outros atributos associados à fertilidade.

Nas condições brasileiras, onde a monta natural é usada como base do manejo reprodutivo, a avaliação da aptidão reprodutiva de touros jovens ou daqueles mais velhos que serão mantidos em atividade, tornam-se fundamentais para obtenção de índices competitivos. Estudos realizados nos anos 70 demonstraram que ao considerarmos a rentabilidade do sistema produtivo, a eficiência reprodutiva de um touro pode ser dez vezes mais importante que a qualidade de sua carcaça e aproximadamente cinco vezes o ganho de peso de sua prole. Em um período de 10 anos, a base paterna poderia contribuir com até 90% da composição genética do rebanho de cria. Essas observações reiteram os avanços na metodologia da seleção de touros a serem incorporados à reprodução, bem como o crescente número de programas de melhoramento genético nas diversas raças de corte.

De modo geral, os índices de descarte de touros jovens ou adultos variam de acordo com a raça, idade, região, sistema de criação e até de acordo com os métodos de avaliação. A literatura registra índices que variam entre 10 e 45%, embora haja tendência desse índice diminuir à medida que os rebanhos passam a ter maior assistência e seleção genética. É fundamental, no entanto, que os indivíduos sejam íntegros do ponto de vista genital, que apresentem características seminais satisfatórias quanto à fertilidade e que as alterações encontradas sejam temporárias ou reversíveis a níveis que não interfiram na fertilidade potencial.

EXAME DO REBANHO

Tendo em vista a avaliação da saúde geral e reprodutiva dos touros, os médicos veterinários devem concluir se os indivíduos são aptos ou satisfatórios, inaptos temporários ou questionáveis e, por fim, insatisfatórios ou inaptos à reprodução. Porém, nos sistemas de criação extensiva, onde a reprodução dos rebanhos baseia-se na monta natural e os touros são introduzidos em grandes lotes de fêmeas, este julgamento nem sempre é fácil de ser feito, uma vez que depende de vários fatores.

Aspectos associados ao rebanho ou especificamente aos touros a serem avaliados devem ser anotados e investigados para se estabelecer um *padrão* comum aos animais. No geral, incluem-se nesta análise prévia, dados referentes ao “*status*” sanitário do rebanho (vacinas, vermifigações, doenças mais frequentes etc.), procedência e aquisição dos animais, nível nutricional do rebanho (manejo e oferta de forrageiras, suplementação mineral etc.), genótipo predominante, formação de lotes contemporâneos e, ainda, os critérios gerais que norteiam o manejo reprodutivo da propriedade como época e condições disponibilizadas para a estação de monta.

Em sistemas mais tecnificados, com disponibilidade de registros reprodutivos, é possível uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos ao longo de um período. Essas informações são importantes para reconhecer ou identificar fatores específicos da propriedade e do manejo, ou ainda, de fatores individuais genéticos ou adquiridos. Neste contexto é importante observar a relação média touro/vaca, idade ao primeiro parto das novilhas incorporadas ao calendário reprodutivo (e se possível identificar os progenitores), período de serviço estipulado na propriedade, intervalo médio e amplitude entre partos obtidos nos últimos anos, percentual de retorno ao cio no início do período reprodutivo, taxa de prenhez relativa à estação reprodutiva (importante para formação de lotes contemporâneos) e taxa de natalidade por estação.

EXAME INDIVIDUAL E ALTERAÇÕES NO APARELHO REPRODUTIVO

O exame individual tem por objetivo identificar alterações ou patologias relevantes que possam interferir na condição sanitária do touro e, por consequência, afetar sua função reprodutiva. No aparelho reprodutivo, essas alterações são identificadas durante o exame clínico com o animal contido, em estação, geralmente à puberdade. Algumas alterações como a hipoplasia testicular, criptorquidismo (permanência do(s) testículo(s)

na cavidade abdominal) ou agenesia testicular ou epididimal (ausência do órgão), podem ser identificadas ainda ao sobreano, descartando-se os animais do lote.

Touros aptos devem ser livres de alterações na genitália externa ou, quando presentes, essas não devem alterar (ou ter alterado) a função testicular. É comum a presença de pequenas cicatrizes ou lesões escrotais especialmente em touros mais velhos, sem que estas afetem a mobilidade e consistência testicular. Alterações nos órgãos internos como vesícula seminal e ampolas dos ductos deferentes também podem estar presentes e contribuir para a redução da qualidade seminal. Esse exame é minucioso e deve ser feito por veterinários treinados e com experiência em andrologia bovina.

Outro aspecto importante refere-se à inspeção do aparelho locomotor. A taxa de descarte por alterações neste aparelho é muito variável mas não deve ser negligenciada durante o exame clínico. Assim, sugere-se que o técnico avalie os touros antes da contenção, para que possa identificar transtornos observando-se os animais em posição de descanso, de pé, ou em marcha. Neste caso, pode-se notar a presença de lesões articulares agudas ou crônicas, atrofia muscular, deformidades e desvios nos apurmos, claudicações, entre outros. Esses indivíduos devem ser apartados e examinados posteriormente.

Diversas alterações clínico-patológicas têm sido identificadas no aparelho reprodutivo do touro e geralmente estão associadas à redução da fertilidade de forma temporária ou definitiva. O impacto maior dessas alterações incide sobre a função testicular, afetando diretamente a espermatogênese e, portanto, modificando os padrões seminais e possivelmente comportamentais. Alterações reconhecidas como clássicas, tais como a degeneração e a hipoplasia testicular, ainda constituem as principais patologias envolvidas com a inaptidão no touro. Outros processos como a orquite, epididimite e as neoplasias, embora presentes, são de baixa prevalência em touros de corte. Do ponto de vista clínico, as alterações encontradas podem ser classificadas como descrito a seguir.

Alterações inflamatórias

Essas alterações reúnem um conjunto de lesões associadas à resposta do organismo frente a um agente agressor, de característica traumática ou infecciosa. Incluem-se a vesiculite seminal (inflamação das vesículas seminais), orquite (inflamação dos testículos), epididimite (inflamação em alguma região dos epidídimos), granulomas espermáticos e as postites (inflamações da mucosa prepucial). Essas alterações podem se manifestar de forma aguda ou crônica, com sensibilidade variável à palpação e que normalmente afetam diretamente a qualidade seminal e a fertilidade do macho.

No caso da orquite é fundamental determinar a causa, já que doenças como brucelose e tuberculose podem induzir quadros dessa natureza. As epididimites infecciosas são menos frequentes nos bovinos e geralmente estão associadas à orquite, de forma uni ou bilateral.

Alterações genéticas e regressivas

Essas alterações incluem processos associados à ausência de um determinado segmento do aparelho reprodutivo (por ex. aplasia epididimal), a degeneração e a hipoplasia tes-

ticular. Os processos degenerativos testiculares ou simplesmente degeneração testicular são a principal causa de redução da fertilidade com origem gonadal em touros de corte. Na maioria dos casos, a degeneração é adquirida e multifatorial. As principais causas são: traumatismos, estresse calórico ambiental ou infeccioso, doenças sistêmicas (intoxicações, metabólicas ou infectoparasitárias), orquite, desequilíbrio nutricional e senilidade. Podem se apresentar de forma uni ou bilateral, com sintomas agudos ou de forma crônica, geralmente mais difícil de ser observada. É comum os touros apresentarem testículos macios à palpação e redução no perímetro escrotal. Porém, é comum encontrarmos touros com testículos firmes de tamanho normal. Em um estudo onde avaliou-se 65 touros descartados por, no mínimo, uma alteração no aparelho reprodutivo associada à baixa qualidade seminal ou que comprometesse a capacidade copulatória, verificou-se que a degeneração testicular foi a causa mais prevalente (89,2%), seguida pela hipoplasia testicular (7,7%), orquite e postite ulcerativa (1,5%). A análise histopatológica revelou que 41,4% dos touros apresentavam degeneração de grau leve, os demais apresentaram alterações de caráter irreversível, tais como esclerose da túnica própria, fibrose intersticial, vacuolização das células germinativas e hipoespermatozôese difusa.

Hipoplasia testicular é o subdesenvolvimento congênito das gônadas, caracterizado por baixo número de células germinativas nos túbulos seminíferos. Pode estar ou não acompanhada de degeneração testicular. A causa mais aceita é que touros com essa patologia apresentam genes recessivos com expressividade variável, o que demonstra que esta patologia pode ser uni ou bilateral, total ou parcial, quando alguns segmentos do epitélio germinativo são afetados. Estudos têm mostrado que a hipoplasia gonadal pode variar de 1,1 a 15,0% do rebanho de ouros, dependendo da raça e região do Brasil. Clinicamente, há tendência de diminuição do perímetro escrotal com certa maciez no tônus gonadal, embora essa condição não seja observada em todos os casos. Tais observações, em conjunto com os achados histopatológicos, levaram à classificação dos quadros de hipoplasia testicular em: leve, moderada e acentuada. Nos casos leves e moderados, a qualidade seminal é pouco afetada e pode ser confundida com degeneração testicular temporária, permitindo que esses reprodutores permaneçam no plantel.

EXAME DE SÊMEN

O exame de sêmen compreende uma etapa importante da avaliação para a aptidão reprodutiva do touro. Em muitas ocasiões, os indivíduos apresentam ótima integridade clínica-genital, mas o sêmen mostra-se com alterações compatíveis com sub ou infertilidade. No entanto, é mais comum encontrar touros com alterações clínicas testiculares/epididimais com níveis elevados de alterações seminais. Portanto, não há uma relação clara ou bem estabelecida entre a condição clínica e a resposta seminal, sendo que os dois exames devem ser feitos e interpretados criteriosamente pelo médico veterinário.

Métodos de colheita seminal

A colheita de sêmen com vagina artificial é o método mais representativo do ejaculado. Porém, devido à falta de praticidade e treinamento dos touros, é utilizado quase que

exclusivamente em centrais de congelamento de sêmen. A colheita com eletroejaculador, por ser um método de fácil manuseio, rápido e seguro, é o mais empregado na rotina das avaliações andrológicas a campo. Amostras provenientes da eletroejaculação, principalmente quanto à concentração espermática, são mais suscetíveis a variações individuais e de fatores como a intensidade e frequência da estimulação. Porém, nos parâmetros de qualidade seminal, não existem diferenças de touros coletados via vagina artificial ou eletroejaculação. Outro método de escolha pode ser a massagem retal, porém nem sempre é adequado para todos os indivíduos e frequentemente não resulta em amostras de boa qualidade. Este método pode ser usado em situações específicas, mas não como rotina na colheita do sêmen.

Exame imediato

O exame imediato refere-se à avaliação das variáveis obtidas logo após a colheita do sêmen, feito ainda na propriedade. Observa-se o volume, aspecto, turbilhonamento, motilidade e vigor. Para o turbilhonamento, atribui-se notas de 1 a 4, pelo exame de uma pequena gota de sêmen através de lente (objetiva) de menor aumento. Esta variável representa a movimentação de massa dos espermatozoides. Depende, portanto, diretamente da concentração, motilidade e vigor da amostra. A motilidade e o vigor são avaliados pelo exame de uma gota de sêmen sob uma lamínula, observando-se em aumento de 100 vezes. A motilidade representa o percentual de movimentação espermática no campo observado e é estimada com variação de 10 pontos percentuais. Já o vigor é caracterizado pela intensidade do movimento espermático, variando de um (muito lento) a cinco (muito rápido).

Embora os resultados do exame imediato denotem aspectos qualitativos para o sêmen, são de caráter subjetivo e, portanto, estão sujeitos a variações. No geral, vento, poeira, frio (choque térmico) ou contaminação por água podem prejudicar uma boa leitura da cinética espermática e, possivelmente, inviabilizar a amostra seminal. Além disso, o repouso sexual prolongado em alguns touros e o manuseio errôneo do equipamento pode comprometer as primeiras amostras, quando colhidas por eletroejaculador.

É importante salientar que altos percentuais estimados para motilidade e vigor, não são por si só indicativos seguros de melhor qualidade seminal. Os componentes morfológicos que favorecem o desenvolvimento da capacidade móvel do espermatozoide são estabelecidos ao longo da espermatogênese (principalmente durante a espermiogênese) e durante o trânsito epididimal. Desta forma, a estimativa do movimento (motilidade e vigor) pode ser satisfatória, no entanto, alterações morfológicas podem estar presentes, sendo esta avaliação imprescindível para estabelecer o padrão de qualidade do sêmen.

Exame laboratorial

O exame laboratorial fornece elementos quantitativos e qualitativos importantes para a avaliação da qualidade seminal. Quantitativamente, estima-se a concentração dos espermatozoides e qualitativamente, a morfologia destes. Ambas são oriundas de amostras obtidas com o sêmen “in natura” e mantidas em solução de formol-salina tampoadada 1%.

Concentração espermática

Para concentração, opta-se por uma diluição 1/200, ou seja, 20 µl de sêmen em 4 mL da solução de formol-salina tamponada 1%. No laboratório, esta amostra diluída será utilizada para contagem do número de espermatozoides por mL, com o auxílio da câmara de Neubauer, ou também, através de espectrometria. O aspecto do sêmen está diretamente relacionado à sua concentração. Assim, touros com sêmen opalescente ou até mesmo aquoso apresentam menor concentração. Porém, no caso de amostras colhidas com eletroejaculação, isso pode estar intimamente associado à execução da técnica, nível do estímulo dado naquele indivíduo, fração coletada, etc. Estes aspectos devem ser considerados por ocasião da interpretação do exame de sêmen e sempre descritos no laudo andrológico.

Morfologia espermática

A morfologia espermática é um componente essencial para o exame de sêmen, pois determina o percentual de espermatozoides normais ou íntegros estruturalmente, assim como a distribuição dos diferentes defeitos morfológicos. Esta análise poderá ser feita com uma amostra previamente obtida no campo (preservadas em solução formol-salina tamponada 1%). É possível, ainda, que seja feito um esfregaço das amostras seminais, fixando-as em álcool absoluto, álcool metílico ou solução de Carnoy (1:3 de ácido acético e álcool metílico). No laboratório, as amostras poderão ser usadas em microscopia de contraste de fase ou ainda, coradas com corantes específicos. Os espermatozoides são contados em imersão (1000x) anotando-se os seguintes percentuais: normais, anormalidades de cabeça, anormalidades de peça intermediária, anormalidades de acrossomo, anormalidades do tipo vesicular (*pouch formation*), gotas citoplasmáticas (proximal e distal), anormalidades de cauda, cabeça isolada normal e formas teratológicas. As frequências destas anormalidades encontradas no espermiograma de touros de corte estão descritas na Tabela 4.1.

Interpretação dos resultados

As avaliações clínicas e seminais são componentes fundamentais do exame andrológico e facilitam as decisões de manejo reprodutivo. Porém, o impacto de certas anormalidades morfológicas sobre a fertilidade ainda não foi totalmente esclarecido, necessitando de mais estudos. Recomenda-se, dessa forma, que o mesmo profissional que faça o exame físico, leia e avalie o espermiograma, facilitando a interpretação e a descrição do diagnóstico.

Para as características seminais, espera-se uma motilidade de pelo menos 50% com vigor 3 e no mínimo 60% de espermatozoides normais para touros criados a campo. Em termos de tolerância dos distintos defeitos observados, Pimentel (2001) propôs, com base em diversos autores, variações que podem ser usadas em touros *Bos indicus* e em *Bos taurus* (Tabela 4.2).

Uma série de fatores externos pode interferir na qualidade do ejaculado, afetando tanto a motilidade e vigor como a morfologia espermática. O estresse causado por mudanças bruscas na temperatura ou por restrições alimentares, assim como o repouso

TABELA 4.1. Frequências total e por níveis de defeitos no espermograma, de acordo com as diferentes anormalidades observadas em touros de corte classificados como aptos à reprodução no Mato Grosso do Sul.

ANORMALIDADES	FREQUÊNCIA TOTAL (%) ¹	FREQUÊNCIA POR NÍVEIS DE DEFEITOS (%) ²		
		1-10%	11-30%	>30%
Acrossomo	68,7	93,2	5,9	0,9
Cabeça isolada normal	66,1	95,6	3,8	0,7
Cabeça	69,9	97,0	2,2	0,8
Cauda	96,6	61,2	33,5	5,3
Vacúolos nucleares	10,7	97,4	2,2	0,4
Gota citoplasmática proximal	45,9	97,7	1,8	0,5
Peça intermediária	30,5	99,7	0,3	0,1
Formas teratológicas	23,8	100,0	-	-

¹ Animais com anormalidades em relação ao total de 1.521 touros avaliados;

² Animais com anormalidades por níveis de defeitos no espermograma.

TABELA 4.2. Padrões qualitativos mínimos e máximos sugeridos para avaliação do sêmen bovino¹.

CARACTERÍSTICAS SEMINAIS	VALORES MÍNIMOS
Concentração (x10 ⁶ /mL)	500
Motilidade (%)	50
Vigor (1-5)	3
Normais (%)	60-70
DEFEITOS MORFOLÓGICOS	VALORES MÁXIMOS
Cabeça (%)	10
Vacúolos nucleares ²	10-15%
Peça intermediária (%)	10
Acrossomo (%)	10
Gota citoplasmática proximal (%)	10
Cauda (%)	15
Cabeça isolada normal (%)	10

¹Fonte: Adaptado de Pimentel (2001) e Barth (2007);

²Segundo Fernandes et al. (2008).

sexual prolongado, são os principais responsáveis pela diminuição na qualidade seminal. Além da queda na motilidade, essas situações provocam normalmente um aumento nos percentuais de defeitos de acrossoma, cauda levemente enrolada e cabeça isolada normal. Porém, na maioria das vezes, são quadros temporários e reversíveis, podendo mascarar o verdadeiro potencial reprodutivo de um touro. Assim, é importante que todos esses fatores sejam levados em consideração antes de classificar um reprodutor como inapto.

Uma alternativa interessante para evitar esses problemas é realizar o exame clínico e de sêmen logo após a estação de monta, usualmente entre os meses de fevereiro e março. Nesta época, normalmente as temperaturas são amenas (estação chuvosa) e a qualidade das pastagens é boa. Adotando-se esse manejo é possível verificar quais eram as reais condições reprodutivas dos touros ao cobrir as vacas, conferindo maior segurança ao veterinário ao recomendar o descarte de um reprodutor. Além disso, o produtor tem mais tempo para planejar a reposição e pode inclusive realizar a compra antecipada, época em que os preços costumam ser mais baixos. Os touros descartados nessa ocasião já podem ser castrados e destinados à engorda ou venda, desocupando a pastagem. Os reprodutores considerados aptos à reprodução devem voltar ao curral entre 30 e 40 dias antes da estação de monta, apenas para um exame clínico geral, não sendo necessária uma nova colheita de sêmen. É importante ressaltar que quando a fazenda produz seus próprios tourinhos, estes devem ser examinados quanto ao seu potencial reprodutivo antes de serem utilizados na estação de monta, diferentemente dos touros adquiridos, que já devem ser comprados com o certificado ou laudo andrológico.

Com vistas ao diagnóstico de certas alterações reprodutivas, o exame de sêmen fornece informações valiosas, especialmente quando interpretado em conjunto com o exame clínico. Assim, características como motilidade, concentração e morfologia espermática devem, necessariamente, compor o estudo das alterações do quadro espermático em conjunto com anamnese e exame clínico. Diferentes patologias associadas à redução da fertilidade podem ser diagnosticadas como apresentado a seguir, no Quadro 4.1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fertilidade e viabilidade são determinantes da eficiência econômica dos sistemas de produção, mais importantes do que taxas de crescimento e características do produto final, carcaça e carne. Touros, matrizes e produtos, sob estes aspectos, devem receber um acompanhamento atencioso e permanente por parte do criador. Em função de deixarem um maior número de descendentes no rebanho, no entanto, os touros merecem uma atenção especial. Por outro lado, a evolução dos métodos de avaliação genética e zootécnica assim como a disponibilidade de informações sobre o desenvolvimento do gado de corte nos diferentes sistemas produtivos possibilitam novas perspectivas para a seleção de touros com maior fertilidade. Em todas estas circunstâncias, o conjunto dessas avaliações deve necessariamente contemplar exames clínicos e seminais continuados, a fim de se acompanhar e prognosticar o potencial dos reprodutores a serem usados no manejo reprodutivo, garantindo-se uma disseminação eficiente do material genético superior tanto nos próprios rebanhos de seleção como para os rebanhos comerciais, da base da pirâmide produtiva de gado de corte.

QUADRO 4.1. Etiologia e características seminais esperadas para algumas patologias do sistema reprodutivo no touro.

PATOLOGIA	CAUSA / OBSERVAÇÕES	CARACTERÍSTICA SEMINAL
Degeneração testicular	Multifatorial: traumatismos, doenças sistêmicas, elevada temperatura ambiental, distúrbios na termorregulação testicular. Pode ser reversível ou irreversível.	Diminui a concentração espermática Diminui a motilidade; Diminui o número de espermatozoides normais (percentuais variados de anormalidades).
Hipoplasia testicular	Subdesenvolvimento congênito, pode ser uni ou bilateral. O sêmen pode ser de qualidade satisfatória para reprodução.	Diminui a concentração espermática; Diminui o número de espermatozoides normais (percentuais variados de anormalidades, de acordo com a severidade); A motilidade pode estar normal; Quadro seminal irreversível.
Orquite e epididimite	Traumatismos e doenças infectocontagiosas como Brucelose e Tuberculose são as causas mais comuns.	Diminui a concentração espermática; Diminui a motilidade; Aumenta o número de anormalidades; Aumenta o número de células inflamatórias; Pode apresentar aspecto purulento.
Imaturidade sexual	Desequilíbrios nutricionais; desenvolvimento corporal retardado; Mais observado em certas linhagens de touros <i>Bos indicus</i> .	Quadro semelhante à hipoplasia, porém é transitória. Pode ser observado alto percentual de gota citoplasmática proximal.
Espermiogênese imperfeita	Geralmente não há alterações testiculares. Há grau variado de alteração na histologia testicular. Pode ser de caráter congênito e hereditário.	Geralmente uma anormalidade morfológica apresenta altos percentuais (acima de 15%). Ex. grânulos acrossomáticos; hipoplasia ou agenésia de peça intermediária; espermatozoides com cabeça piriforme.

FONTES DE REFERÊNCIA

- BARTH, A.D. Evaluation of Potential Breeding Soundness of the Bull. In.: Youngquist, R.S.; Threlfall, W.R. **Current Therapy in Large Animal Theriogenology**, 2ª Ed. Saunders, Elsevier, USA. p. 228-240. 2007.
- FERNANDES, C.E.; DODE, M.A.N.; PEREIRA, D.; SILVA, A.E.D.F. Effects of scrotal insulation in Nelore bulls (*Bos taurus indicus*) on seminal quality and its relationship with in vitro fertilizing ability. **Theriogenology**, v. 70, p. 1560-1568. 2008.
- PIMENTEL, C.A. Infertilidade no touro. In: Riet-Correa, F.; Schild, A.L.; Méndez, M.C.; Lemos, R.A.A. **Doenças de ruminantes e equinos**. Vol. 2, Ed. Varela, São Paulo, SP. p. 382-399. 2001.



ESTRATÉGIAS PARA INTENSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

**Valéria Pacheco Batista Euclides
Denise Baptaglin Montagner**

INTRODUÇÃO

A produção animal em pasto depende de fatores ligados ao clima, ao solo, à planta forrageira e ao animal. Além da identificação de materiais forrageiros adequados às diferentes condições de clima e solo, os princípios de manejo devem ser conhecidos e praticados adequadamente para que as pastagens possam se manter produtivas e persistentes. A infraestrutura da propriedade e a adoção de técnicas como o uso de fertilizantes ou a suplementação alimentar também interferem na eficiência do sistema. A compreensão desses fatores e as suas inter-relações é fundamental para que se possam atingir elevados níveis de produtividade. Dentro desse contexto, é importante notar que a resposta aos esforços dedicados ao melhoramento genético dos animais é limitada se o ambiente ao qual eles serão submetidos não for adequado às suas exigências nutricionais, de forma a possibilitar a expressão do seu potencial genético para produção.

CORREÇÃO DE SOLO E ADUBAÇÃO

As recomendações de calagem e de adubação que permitam ao produtor estabelecer adequadamente suas pastagens podem ser encontradas em Vilela et al. (2004). No entanto, a recomendação de adubação de manutenção considerando-se os níveis de produção de-

TABELA 5.1. Médias das taxas de lotação (TL), dos ganhos de peso vivo por animal (GMD) e por área (GA), dos animais em pastagens de capim-tanzânia, sob dois níveis de adubação nitrogenada, 150 (N-150) e 300 kg ha⁻¹ (N-300), durante o período das águas.

ITEM	N-150	N-300
Taxa de Lotação (TL, UA/ha)	4,4	6,3
Ganho médio diário de peso (g/novilho.dia)	790	830
Ganho de peso por área (kg/ha.período das águas)	850	1.215
Período de descanso (dias)	30	26
Ciclos de pastejo	6,1	7,0

Fonte: Euclides et al. (dados não publicados)

sejados é limitada. Macedo (2003) sugeriu que o teor crítico de fósforo no solo para a manutenção deve ser, em torno, de 80% do teor da fase de estabelecimento. Cantarutti et al. (1999) estabeleceram alguns critérios para adubação potássica de manutenção de acordo com os níveis tecnológicos. Tais adubações devem ser feitas no início da estação chuvosa.

Do mesmo modo, a adubação nitrogenada deve ser calculada em função do nível de produção desejada e ser realizada na época das águas, sugerindo-se ainda, o parcelamento da dose total aplicada em no máximo 60 kg/ha por ciclo de pastejo. Nesse contexto, na Tabela 5.1, pode-se observar o efeito da adubação nitrogenada em pastagens de capim-tanzânia. O pasto adubado com nível mais elevado de nitrogênio (N) apresentou maior taxa de acúmulo de forragem, o que pode ser observado pelo menor intervalo necessário entre pastejo para se atingir a mesma condição de pré-pastejo (70 cm de altura), resultando em maior taxa de lotação (TL) e um ciclo a mais de pastejo proporcionando, conseqüentemente, maior produtividade animal. Observa-se que quando se aumentou a adubação nitrogenada de 150 para 300 kg/ha houve acréscimos de 2,4 kg/ha de peso vivo para cada quilo de nitrogênio aplicado.

MANEJO DO PASTEJO

A essência do manejo do pastejo resume-se em encontrar balanço eficiente entre o crescimento da planta, o seu consumo e a produção animal, mantendo-se estável o sistema de produção. Para isso, as estratégias de manejo do pastejo passíveis de manipulação são o método de pastejo e o ajuste da taxa de lotação.

Métodos de pastejo

Os métodos de pastejo podem ser agrupados, basicamente, em três tipos: 1) o contínuo (os animais têm acesso integral à área de pastejo), 2) o rotacionado (os animais permanecem em um piquete por um tempo, seguido por um período de descanso) e 3) o diferido (os pastos são vedados no final do verão para serem utilizados durante o período crítico).

Apesar das vantagens e das desvantagens de cada método, reconhece-se que para as plantas forrageiras cespitosas, cujo alongamento do colmo pode comprometer o valor nutritivo e a estrutura do dossel, o pastejo rotacionado pode se constituir em método mais adequado para utilização uniforme dos pastos. O pastejo rotacionado deve também ser usado em condições intensivas que envolvem plantas forrageiras de alto potencial de produção, como exemplo as cultivares Mombaça e Tanzânia de *Panicum maximum*.

As gramíneas mais indicadas para o diferimento são aquelas que apresentam boa retenção de folhas verdes, resultando em menores perdas do valor nutritivo durante o crescimento. Entre elas destacam-se as dos gêneros *Brachiaria* (decumbens, marandu, piatã) e *Cynodon* (estrela, coastcross e tiftons). Por outro lado, não são indicadas para o diferimento as gramíneas cespitosas tais como as dos gêneros *Panicum* (tanzânia, mombaça e milênio), *Pennisetum* (capim-elefante) e *Andropogon* (capim-andropogom) que quando vedadas por períodos longos apresentam acúmulo de colmos grossos e baixa relação folha:colmo.

Ajuste da taxa de lotação

A massa de forragem é que determina a taxa de lotação (número de animais por área) que, por sua vez, controla o acúmulo de forragem e define o desempenho animal.

Em razão da dificuldade prática de se estimar a massa de forragem, a altura do dossel tem sido usada com sucesso para o ajuste da TL. Sua relação com o ganho de peso tanto por animal quanto por área pode ser vista na Figura 5.1. A TL ótima é a amplitude de utilização que permite equilíbrio entre os ganhos por animal e por unidade de área.

A maneira mais fácil para se equilibrar o acúmulo de forragem e o seu consumo pelos animais é monitorando as alturas dos pastos. Para cada capim existe uma amplitude de condições de pasto específica para que as metas de produção animal possam ser alcançadas.

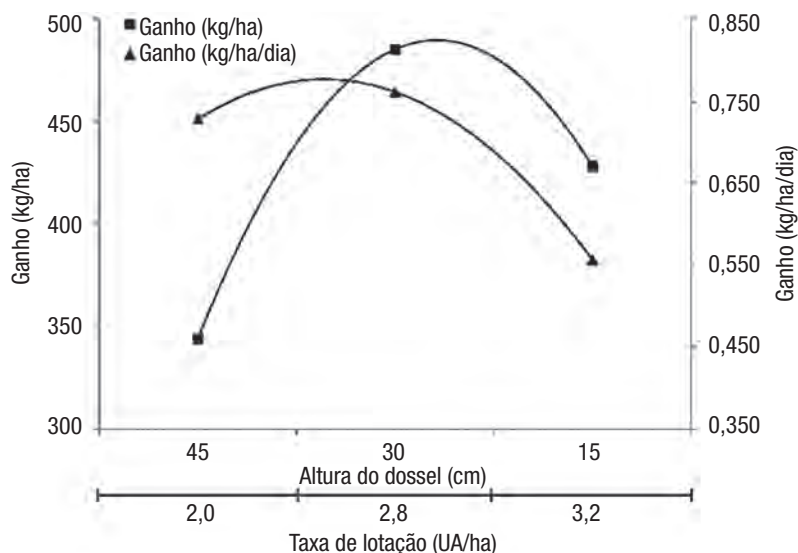


FIGURA 5.1. Relação entre altura do pasto e ganhos de peso por animal e por área em pastos de capim-marandu, média de quatro períodos das águas. (Euclides et al., dados não publicados)

As faixas ótimas para o pastejo das braquiárias, sob pastejo contínuo, são apresentadas na Tabela 5.2.

O manejo do pastejo rotacionado baseado em dias fixos e pré-determinados de descanso, apesar de facilitar o planejamento, pode restringir a produção animal, pois não gera padrão uniforme do pasto, resultando em dossel de estrutura variável. Dependendo do capim, da época do ano e das condições vigentes de crescimento, este período pode ser demasiado curto, o que levaria a perdas de produção de forragem; ou demasiado longo, o que resultaria em perdas de quantidade e de qualidade, além provocar degeneração da estrutura do dossel.

Apesar das diferenças morfológicas entre os capins, avaliações da dinâmica do acúmulo de forragem durante o período de descanso de pastos, sob pastejo rotacionado, revelaram que, independentemente da cultivar, a partir de 95% de interceptação de luz (IL) pelo dossel há redução na taxa de acúmulo de forragem e comprometimento da estrutura do pasto, uma vez que há aumento das massas de colmo e de material senescente. Isto sugere, claramente, que prorrogar o período de descanso além desse ponto não é uma prática recomendada. Como existe alta correlação entre a altura do pasto e a sua IL, as alturas de pasto em que se constatou a interceptação de 95% da luz incidente para alguns capins são apresentados na Tabela 5.3.

A partir dessa informação tornou-se necessário identificar o momento adequado para a retirada dos animais do pasto, ou seja, a estimativa do resíduo pós-pastejo adequado. As amplitudes de altura para o resíduo pós-pastejo, dentro das quais o pasto pode ser manejado sem prejuízo para a planta forrageira e conseqüente degradação do pasto, encontram-se na Tabela 5.3.

É importante ressaltar que, geralmente, o aumento da intensidade de pastejo resulta em melhoria da eficiência de pastejo; entretanto, a produção por animal é reduzida (Tabela 5.4). Isto reforça a importância de se avaliar a resposta do animal para que esses indicativos de resíduo pós-pastejo possam ser adotados pelo produtor.

Nesse contexto, a importância do ajuste da intensidade de pastejo como forma de regular o nível de desempenho almejado e gerar flexibilidade de manejo no sistema de produção foi

TABELA 5.2. Desempenho animal e taxa de lotação em pastos de cultivares de *Brachiaria brizantha*, sob lotação contínua, em função das alturas dos pastos¹.

CAPIM	FAIXA DE PASTEJO (CM)	ALTURA PASTO (CM)	TAXA DE LOTAÇÃO (UA/HA)	GANHO DE PESO VIVO	
				POR DIA (KG/CAB.)	POR ÁREA (KG/HA)
Marandu ¹	15 a 30	15	3,1	0,610	430
		30	2,6	0,800	500
Xaraés ¹	15 a 30	15	3,7	0,560	560
		30	3,1	0,670	600
Piatã ²	15 a 30	15	3,3	0,590	540
		30	2,7	0,720	570

¹Médias de 3 períodos das águas (Euclides et al., dados não publicados).

²Médias de 2 períodos das águas (Euclides et al., dados não publicados)

demonstrado por Difante et al. (2010) e Euclides et al. (2012), que avaliaram, respectivamente, pastos de capins tanzânia e mombaça submetidos a estratégias de pastejo rotacionado definidas por metas de pré-pastejo de 95% de interceptação de luz e dois resíduos pós-pastejo. Difante et al. (2010) concluíram que para o pasto de capim-tanzânia a altura pós-pastejo pode variar de 25 a 50 cm, dependendo se o objetivo do manejo for a melhoria do ganho de peso por área (maior eficiência de pastejo) ou o ganho por animal. Já para o capim-mombaça, Euclides et al. (2012) observaram que o número de animais extras (1,2 UA/ha) utilizados no pasto manejado com resíduo de 30 cm não foi suficiente para compensar o menor ganho de peso individual (290 g/animal.dia a menos), resultando em menor ganho de peso por área. Assim, esses autores concluíram que o capim-mombaça submetido ao pastejo rotacionado deve ser manejado com a meta de resíduo de 50 cm de altura (Tabela 5.4).

Apesar de o período seco na região Centro-Oeste ser bem definido, de maio a setembro, as condições climáticas ótimas para o crescimento dos capins só são restabelecidas em meados de novembro. Note-se que o adiamento do início do pastejo até que a altura do dossel atinja os 90 cm resulta em menor produção animal durante a estação de crescimento da forrageira (Tabela 5.4). Tal redução foi consequência da diminuição do período de uso dos pastos, durante o período das águas, de 72 e 59 dias, resultando em decréscimos de 95 kg e de 125 kg/ha de peso vivo, respectivamente, para os pastos manejados com resíduos de 30 cm e 50 cm de altura do resíduo pós-pastejo (Tabela 5.4). Assim, sugere-se fazer a adubação de manutenção de P e K e a primeira dose do N logo após as primeiras chuvas, e iniciar o pastejo mesmo que a altura real do pasto esteja abaixo da altura-meta. É importante ressaltar que a altura-meta do pasto deve ser vista como altura máxima na qual não há prejuízo na estrutura e na qualidade do pasto. Essa análise comparativa permite refletir sobre o manejo em sistemas de produção reais, nos quais a redução de um a dois meses no uso do pasto durante o período das águas pode acarretar em prejuízos, pois o início da primavera e o fim do

TABELA 5.3. Alturas pré e pós-pastejo recomendadas para manejo de alguns pastos, sob pastejo rotacionado.

GRAMÍNEAS	ALTURA DO PASTO (CM)		REFERÊNCIA
	PRÉ-PASTEJO	PÓS-PASTEJO	
Panicum maximum			
Aruana	30	15	Zanini et al. (2012)
Massai	55	15 a 30	Barbosa et al. (2010)
Milênio	90	30 a 50	Barbosa et al. (2009)
Mombaça	90	30 a 50	Carnevalli et al. (2006)
Tanzânia	70	25 a 50	Barbosa et al. (2007)
Brachiaria brizantha			
Marandu	25	15	Giacomini et al. (2009)
Xaraés	30	15	Pedreira et al. (2009)

TABELA 5.4. Taxa de lotação (TL), ganho de peso e eficiência de pastejo de pastos de capins Tanzânia e Mombaça de acordo com o período total e altura de pastejo, em Campo Grande, MS.

PERÍODO (DIAS)	ALTURA DO PASTO (CM)		TL (UA/HA)	GANHO DE PESO (KG)		EFICIÊNCIA DE PASTEJO (%)
	PRÉ	PÓS		ANIMAL	ÁREA	
Capim-tanzânia ¹						
156	70	25	6,1	0,665	600	90
		50	4,9	0,800	560	50
Capim-Mombaça ²						
164	90	30	7,7	0,380	545	92
177		50	6,5	0,670	945	58
Capim-Mombaça ³						
236	90	30	6,7	0,390	640	92
		50	5,1	0,655	1.070	58

¹Adubação: 500 kg ha⁻¹ de 0-20-20 e 150 kg ha⁻¹ de N (Difante et al., 2010).

²Adubação: 400 kg ha⁻¹ de 0-20-20 e 200 kg ha⁻¹ de N. Considerando apenas os pastos que atingiram a altura-meta de 90 cm (Euclides et al., 2012).

³Durante o primeiro e o último ciclo de pastejo as alturas dos pastos ficaram abaixo da altura-meta de 90 cm (Euclides et al., 2012).

outono coincidem com o período em que há redução do crescimento de todos os pastos e, de modo geral, o produtor tem dificuldade em remanejar os animais. Dessa forma, sugere-se que os pastos possam ser usados abaixo da altura-meta desde que a TL seja ajustada de acordo com sua taxa de crescimento (Figura 5.2).

ESTACIONALIDADE DA PRODUÇÃO

Independentemente das adubações, os capins tropicais não irrigados apresentam, de maneira geral, maiores taxas de acúmulo de forragem (TAF) durante o verão, intermediárias no outono e na primavera, e muito baixas no inverno. Sendo a exigência nutricional do rebanho constante, há desequilíbrio entre a produção de forragem e o requerimento de nutrientes pelo rebanho ao longo do ano. Assim, o manejo dos pastos e o manejo animal devem, dentro do possível, ser usados como instrumentos para equilibrar as variações estacionais dos pastos com as demandas nutricionais do animal (Figura 5.2). Por isso, o planejamento do uso das diferentes áreas de pasto em uma propriedade é de fundamental importância, como forma de permitir a flexibilidade do manejo dos animais, mantendo o sistema sustentável. Desta forma, a estruturação de sistemas de produção sustentáveis de bovinos em pastos, resume-se basicamente no manejo correto dos pastos durante o período das águas (outubro a abril) e no uso da suplementação alimentar durante o período seco (maio a setembro).

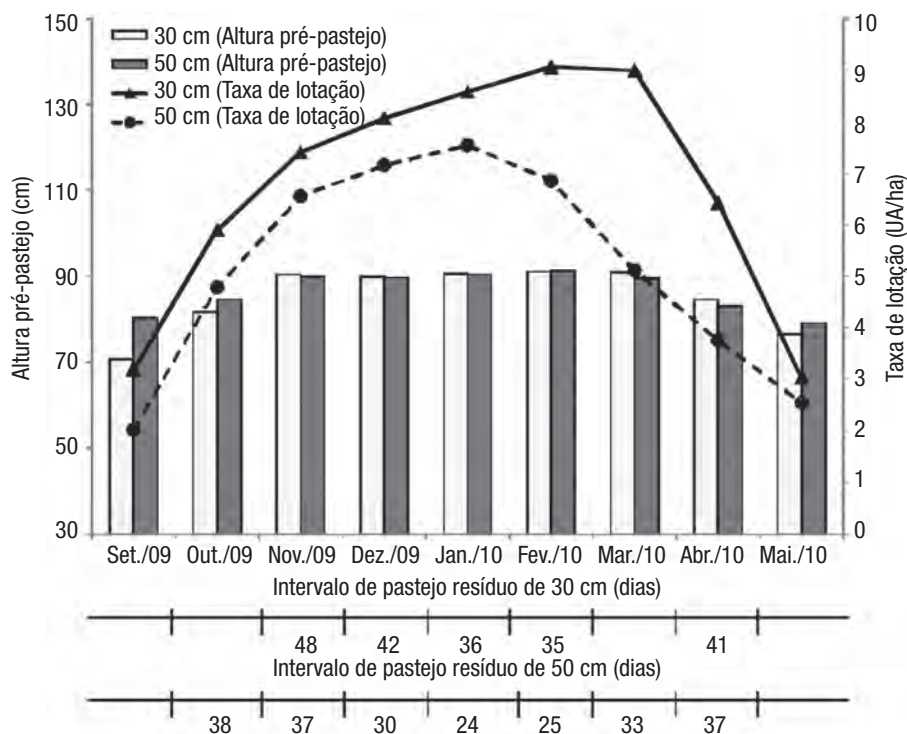


FIGURA 5.2. Alturas dos pastos no pré-pastejo, taxas de lotação e intervalos entre pastejos para pastos de capim-mombaça, sob pastejo intermitente com duas alturas de resíduos associadas a uma condição de pré-pastejo comum de 90 cm (Adaptado de Euclides et al., 2012).

Período das águas

Independentemente do nível de intensificação no uso de insumos ou do método de pastejo (item 2), a manipulação da TL nas áreas pastejadas (Figuras 5.1 e 5.2) é que dará a flexibilidade de controle da altura do pasto. Para o pastejo rotacionado o ajuste da TL deve também considerar o tempo em que os animais podem permanecer no piquete atual antes que o próximo atinja a altura de pré-pastejo especificada como meta. Assim, percebe-se que o período de ocupação também é variável.

Ressalta-se que mesmo no período das águas a TAF não é uniforme, o que pode ser constatado na Figura 5.2, ao longo dos diferentes intervalos de pastejo quando se procura atingir uma mesma condição de pasto no pré-pastejo. Consequentemente, há variações nas TL (Figura 5.2), ao longo do período das águas, de modo a possibilitarem os ajustes das alturas-meta no pré e pós-pastejos.

A maior dificuldade na assimilação deste critério de manejo por parte dos produtores é consequência da decisão de o que fazer com os animais que são retirados do pasto. A principal resposta a esta pergunta resume-se no planejamento e no acompanhamento da produção de pasto de todas as áreas da propriedade. Nesse sentido, é importante notar que para se proceder ao manejo correto dos pastos baseado nestes novos conceitos são necessárias áreas reservas para realocação dos animais sempre que não for possível

atingir a altura-meta. Na prática, o uso de áreas reserva tem sido necessário no início da primavera e no fim do outono e, eventualmente, na ocorrência de veranicos. Assim, no caso apresentado na Tabela 5.4 e Figura 5.2, o excedente ao longo do período das águas foi de 4,3 e 3,7 UA/ha (resíduos de 30 e 50 cm), conseqüentemente seriam necessários 4 ha de pasto reserva para cada 1 ha de capim-mombaça. Exemplos detalhados de cálculo de áreas de pastos reservas, dentro de um sistema de produção podem ser encontrados em Euclides (2009). O manejo do pasto reserva também é de grande importância, uma vez que a meta do sistema de produção é bom desempenho animal, independentemente do pasto em que o animal está.

No entanto, se opção for pela não utilização de pastos reserva, a alternativa seria manter a TL fixa e ajustar a área a ser manejada pelo uso de cerca elétrica, o que permitiria equilibrar a oferta e a demanda de forragem durante o período das águas. Nesse caso, o excedente de forragem produzida seria conservado, reduzindo-se a necessidade de áreas exclusivas para a conservação de forragem a ser utilizada durante o período crítico. Todavia, há que ser considerados os aspectos relacionados com a eficiência dos sistemas de colheita, de processamento, de conservação e os aspectos econômicos.

Período seco

Nesse período, ocorre marcante redução na produção de forragem e, conseqüentemente, na produção animal. A intensificação da produção, eliminando ou diminuindo seu efeito, tem sido um desafio. A suplementação alimentar tem sido utilizada com sucesso para resolver este problema.

No caso da suplementação em pasto, o que deve ser feito é atender as exigências dos animais, complementando o valor nutritivo da forragem de forma a se atingir o desempenho desejado. Apesar da estratégia de suplementação ser dependente da meta de desempenho animal que se deseja alcançar, sua escolha deverá também ser fundamentada em análise econômica. A rentabilidade da estratégia de suplementação alimentar se constitui no norteador da escolha do suplemento a ser utilizado.

Em uma tentativa de se estimar o efeito da suplementação alimentar sobre o ganho de peso animal e sobre a conversão alimentar, Euclides e Medeiros (2005) construíram um banco de dados fundamentado em trabalhos publicados no Brasil, que relatavam o uso de suplementação alimentar em pastagens durante o período seco. Como resultado das análises conduzidas utilizando-se tais informações (Figura 5.3), os autores ressaltaram alguns pontos importantes, que são: 1) as menores quantidades de suplemento proteico atenuaram a limitação dos baixos conteúdos de N das forragens no período seco e aumentaram a ingestão de matéria seca, o que resultou em maior consumo da forragem suplementada em relação à não suplementada e, conseqüentemente, em boa resposta à suplementação; 2) à medida que se aumentou a oferta de concentrado, houve aumento do efeito substitutivo, resultando em ganhos de peso decrescentes; e 3) para valores acima de 4 a 5 kg de concentrado ocorreu redução no ganho de peso. Isso os levou a sugerirem que a preferência por suplementações mais modestas contribuiria para a melhoria econômica dos sistemas produtivos, não apenas pela redução do investimento, mas também pelo aumento da eficiência no uso dos insumos, especialmente pela maximização do uso da forragem existente no pasto. Esses resultados reforçam a tese de que

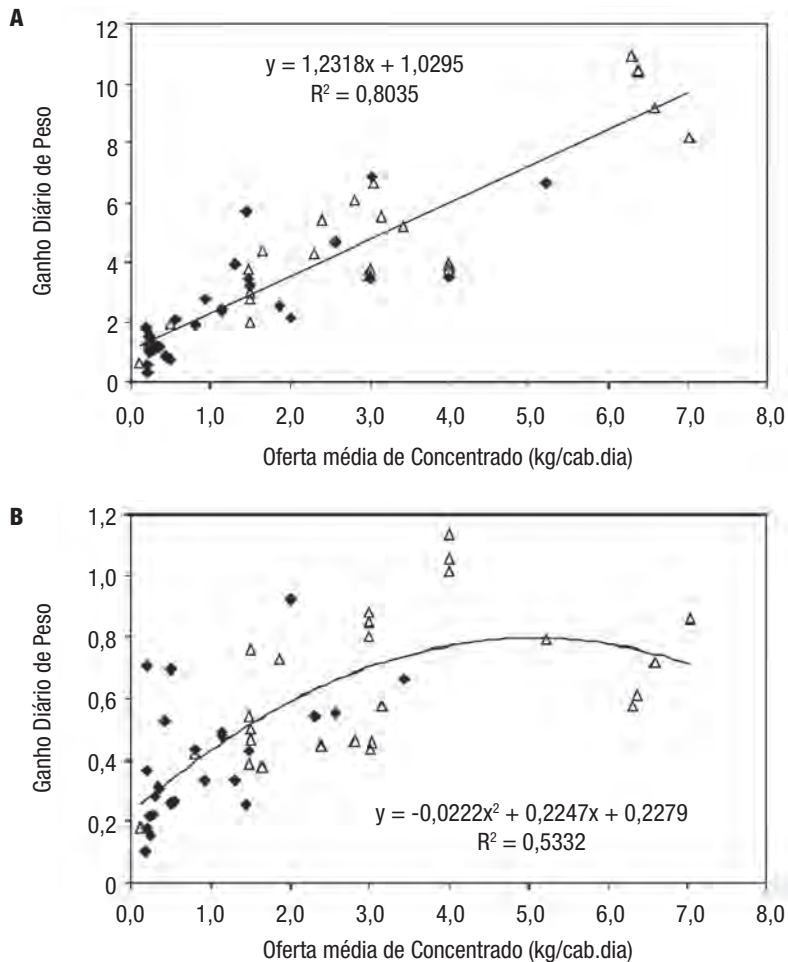


FIGURA 5.3. Regressões entre a média da oferta de concentrado e as variáveis conversão alimentar (**A** - kg de concentrado necessário para 1 kg de ganho de peso) e ganho diário de peso vivo (**B** - kg/cabeça/dia), no período da seca, de alguns trabalhos publicados no Brasil (n=23). (Fonte: Euclides e Medeiros, 2005).

a suplementação alimentar deve ser usada como estratégia de complementação do valor nutritivo da forragem existente, possibilitando maior eficiência na sua utilização.

Para se obter bom resultado com a suplementação, faz-se necessário o manejo do pasto com base no planejamento e no monitoramento cuidadosos, de modo a assegurar oferta satisfatória de forragem. Ressalta-se que quanto maior for a proporção de nutrientes provenientes do pasto, maior será a possibilidade de o sistema ser rentável.

USO ESTRATÉGICO DE PASTAGENS

A intensificação do sistema, em maior ou menor grau, fica na dependência do objetivo do empreendimento, e conseqüentemente, do mercado a ser atendido, da ca-

pacidade de desembolso e do retorno esperado. A princípio, o sistema intensivo de manejo de pastagem tem por característica principal a exploração de forrageiras de alta produtividade durante o período das águas. Para conduzir explorações pecuárias em sistemas com tais características, a aplicação de fertilizantes é essencial, como forma de fazer frente a remoção intensa de forragem e da necessidade de rebrota rápida. É importante lembrar que, se por um lado as pastagens comportam elevado número de animais nas águas, este número se reduz drasticamente durante a seca. Então, para se intensificar a produção das pastagens no período das águas, o produtor tem que estar preparado para a produção ou aquisição de alimentos suplementares para serem utilizados durante o período seco.

A diversificação das pastagens pode ser uma maneira simples de solucionar este problema. Assim, recomenda-se que os pastos mais produtivos tenham seu uso concentrado no período das águas, sendo manejados como descrito no item 2, para permitir o melhor aproveitamento da forragem de alta qualidade produzida. Complementarmente, forrageiras de potencial produtivo menor poderiam ser pastejadas durante as águas, permitindo assim o ajuste do manejo das áreas mais produtivas. E aquelas forrageiras apropriadas para o diferimento (item 2) poderiam ser vedadas no fim do verão para serem pastejadas durante a seca.

TABELA 5.5. Médias de três anos do ganho de peso (GP) da taxa de lotação (TL) utilizando-se estrategicamente pastos de *Panicum maximum* (cv. Tanzânia), *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) e *B. decumbens* (braquiariinha) combinados com suplementação alimentar durante o período seco.

CAPIM	ÁREA (HA)	ADUBAÇÃO DE (KG/HA ANO)	MÉTODO DE PASTEJO	SUPL. (% DO PV)	TL (UA/ HA)	GP (G/DIA)
<i>Manejo período das águas</i>						
Tanzânia	13,5	500 de 0-20-20 1.600 calcário 225 de N	Rotacionado flexível ^b	0	6,1	800
Marandu ^a	30,5	50 de N	Contínuo ^c	0	2,1	580
Braquiariinha ^a	16,5					
<i>Manejo período da seca</i>						
Tanzânia	13,5	0	Rotacionado (7x 35 dias)	0,2 ^e	2,0	560
Marandu	30,5	0	Diferido ^d	0,6 ^f	3,4	670
Braquiariinha	16,5					

^aAdubação de manutenção 200 kg/ha da fórmula 0-20-20 a cada 3 anos;

^bAlturas do pasto de 70 cm, na entrada, e de 40 cm na saída dos animais.

^cPastos diferidos – 1/3 da área na primeira quinzena de fevereiro e 2/3 na primeira quinzena de março;

^dOs pastos diferidos no final do verão foram utilizados sob lotação contínua durante o período seco;

^eProteinado – 32% de milho grão, 39% de casca de soja, 8 % sal branco, 12% de ureia e 8% de sal mineral;

^fConcentrado – 21% de milho em grão, 51% de soja em grão, 23% de casca de soja, 3% de calcário calcítico e 2% de sal mineral (Euclides et al., dados não publicados).

Usando tais estratégias foi conduzido um sistema de recria-engorda no Centro-Oeste brasileiro, constituído por três capins. Os critérios para as escolhas das gramíneas foram os seguintes: um capim de alto potencial de produção de forragem de alta qualidade, porém de grande exigência de fertilidade de solo, para ser intensificado no período das águas e dois capins menos exigentes em fertilidade de solo, porém mais flexíveis ao manejo do pastejo, e que fossem indicados para o diferimento.

Baseado nesses critérios, o sistema foi composto pela combinação de *P. maximum* cv. Tanzânia, *Brachiaria decumbens* (braquiariinha) e *B. brizantha* cv. Marandu (Tabela 5.5). Durante o período das águas foi feita a reposição anual de NPK, de micronutrientes e calagem no pasto de capim-tanzânia (22% da área) que foi utilizado intensivamente, sob pastejo rotacionado flexível (item 2). Nesse período os pastos de braquiárias (78% da área) foram subutilizados, sob lotação contínua, sendo vedados a partir de fevereiro, quando foi feita adubação estratégica de N. Durante o período seco a utilização dos pastos foi revertida, ou seja, enquanto no capim-tanzânia a TL praticada foi diminuída, nas braquiárias elas foram elevadas, sendo a dieta dos animais complementada por suplementação alimentar. Nesse sistema, os animais entraram logo após a desmama e atingiram o peso de abate entre 15 e 24 meses de idade (Tabela 5.5).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O elevado potencial produtivo dos pastos só será obtido se for feita a adubação de manutenção, e essa vai depender da relação custo:benefício. As relações de custos dificilmente podem ser alteradas para um dado nível de insumos e, por isso, os esforços devem ser concentrados na maximização dos benefícios, ou seja, na colheita eficiente da forragem, resultando na otimização da produção animal, durante o período das águas. Neste sentido, recomenda-se que estes pastos sejam manejados respeitando o crescimento da planta.

Para equilibrar a oferta e a demanda de forragem, durante o período seco, recomenda-se planejar a utilização de pastos de gramíneas apropriadas para diferimento, para serem vedados no final do verão e pastejados durante a seca.

FONTES DE REFERÊNCIA

- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JR., A.A.R. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.3, p.329-340, 2007
- BARBOSA, R.A.; ROSA, P.R.; LIMA, G.O. Capim-massai manejado em diferentes combinações de intensidade e frequência de corte. In: 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais**. Salvador, CD-ROM, 2010.
- BARBOSA, R.A.; ROSA, P.R.; SANTOS, V.A.C.; BASTOS, J.A.; TRINDADE, D.E.S. Acúmulo de forragem do capim-milênio sob regimes de corte. In: 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Maringá, CD-ROM, 2009.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.) **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.332-341.

- CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v. 40, p.165-176, 2006.
- DIFANTE, G.S.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; Da SILVA, S.C.; BARBOSA, R.A.; TORRES JR., A.A.R. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol. 39, no.1, p.33-41Jan 2010.
- EUCLIDES, V.P.B. Planejamento do uso de áreas de pastagens em sistema de produção animal em pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. Anais. Piracicaba:FEALQ, 2009, 117-149.
- EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22, 2005, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 33-70.
- EUCLIDES, V.P.B.; LOPES, F.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; Da SILVA, S.C.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal em pastos de capim-mombaça sob duas intensidades de pastejo. In: 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Brasília, CD-ROM, 2012.
- GIACOMINI, A.A.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L.; ZEFERINO, C.V.; SOUZA JÚNIOR, S.J.; TRINDADE, J.K.; GUARDA, V. del' A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermitente stocking. *Scientia Agricola*, v.66, n.6, p.733-741, 2009.
- MACEDO, M.C.M. Adubação fosfata em pastagens cultivadas com ênfase na região dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro. Anais. Piracicaba: Potafos, 2003. . CD-ROM
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.
- VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G. de; MACEDO, M.C.M. Calagem e adubação parapastagens. In: SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. (ED.) **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 2ª edição. p. 367-382.
- ZANINI, G.D.; SANTOS, G.T.; SBRISSIA, A.F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana Guinea-grass swards: accumulation and morphological composition of forage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.905-913, 2012.

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: CHAVE PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARNE BOVINA

**Sergio Raposo de Medeiros
Rodrigo da Costa Gomes
Michele Lopes do Nascimento
Tiago Zanett Albertini
Andréa Roberto Duarte Lopes Souza
Simone Frotas dos Reis
Pedro Veiga Rodrigues Paulino
Dante Pazzanese Lanna**

INTRODUÇÃO

De acordo com dados das Nações Unidas, o mundo vai precisar de um aumento de 70% na produção de alimentos para suprir a população de nove bilhões de pessoas, prevista para 2050. Esse enorme desafio, no entanto, deverá ser vencido em cenários cada vez mais restritos em termos de disponibilidade de recursos, incluindo água e terra disponível para atividades agropecuárias. Portanto, é imperativo produzir mais por unidade de recurso utilizado, ou seja, de forma mais eficiente.

Dentre os insumos utilizados nos sistemas de produção animal, os componentes da alimentação são dos mais importantes, com grande impacto econômico e ambiental. Portanto, identificar animais com melhor eficiência alimentar tem cada vez maior relevância. Felizmente, tem-se observado elevada variabilidade individual para consumo e eficiência alimentar em bovinos, o que estimula o uso destas características em programas de melhoramento para identificar indivíduos mais eficientes.

O objetivo deste capítulo é apresentar resultados científicos obtidos pelos autores, na busca por compreender a eficiência alimentar na produção de bovinos de corte e demonstrar como o conhecimento obtido pode ajudar a melhorar as chances de obtenção de uma pecuária de corte sustentável e mais lucrativa.

CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COMO FORMA DE MENSURAR EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Quando se fala em melhorar a eficiência alimentar em bovinos de corte, o primeiro passo é saber como medir esta característica acuradamente, o que demanda a necessidade de um índice ou medida que a expresse da melhor forma. Há vários índices de eficiência alimentar para animais e cada um deles tem suas vantagens e desvantagens. Na última década, o consumo alimentar residual (CAR) tem sido amplamente adotado como medida de eficiência. O CAR é a diferença entre o consumo individual observado e aquele estimado em função do seu peso e ganho (Figura 6.1).

Sabe-se que o uso de medidas brutas, como a conversão alimentar (CA), para selecionar animais mais eficientes pode aumentar o peso médio à idade adulta do rebanho, o que implicaria no aumento das exigências nutricionais. É recomendável evitar o excessivo aumento de peso adulto, pois animais mais exigentes têm maior dificuldade em expressar seu potencial em ambientes desafiadores, como é o caso das pastagens tropicais. Nessa situação, esses animais podem apresentar desempenho inferior aos animais com menor potencial, fenômeno conhecido como interação genótipos \times ambientes.

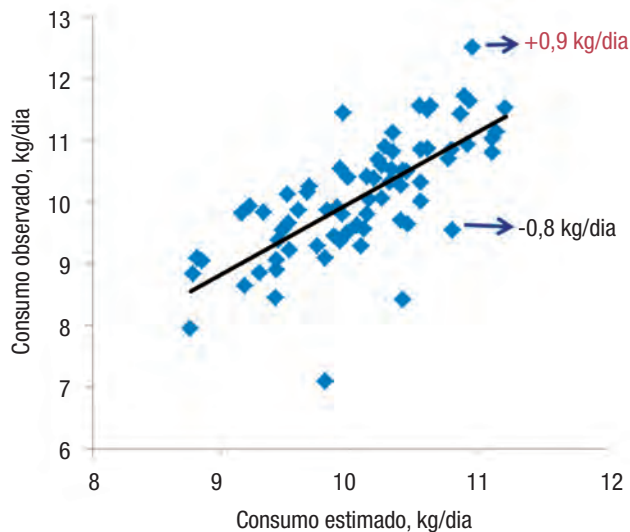


FIGURA 6.1. Relação entre o consumo estimado e o consumo observado. A linha representa os pontos onde CAR = 0 (consumo estimado = consumo observado). O ponto acima da linha é de um animal CAR positivo (ineficiente) que precisou 0,9 kg de MS acima do estimado para seu desempenho. O ponto abaixo da linha, refere-se a outro animal que, apesar do mesmo peso que o anterior ($87 \text{ kg}^{0,75} = 385 \text{ kg}$), ingeriu 0,8 kg de MS a menos em relação ao estimado, sendo CAR negativo (eficiente). (GOMES, 2009).

Portanto, sendo um índice ajustado para peso vivo, o CAR se torna interessante para identificação de animais eficientes, pois evita a seleção de animais de elevado peso adulto. Por outro lado, o CAR pode levar à produção de animais e carne mais magros (*Ver item 4*) e é menos correlacionado com lucro, quando comparado aos outros índices de eficiência (*Ver item 5*). Com relação à seleção de animais mais magros, deve-se observar atentamente, também, para não haver algum efeito negativo na fertilidade das fêmeas, o que não foi seguramente comprovado até então. Trabalho recentemente realizado nos EUA demonstrou que cada unidade de aumento no CAR implica em uma redução de 7,5 dias na idade à puberdade, sem afetar taxas de prenhez ou concepção (SHAFFER et al., 2011). Em outras palavras, animais mais eficientes aferidos pelo CAR apresentariam puberdade mais tardiamente.

EFICIÊNCIA DO PAR VACA-BEZERRO

O rebanho de cria tem decisiva influência sobre a sustentabilidade da atividade. Pesquisadores canadenses estimam que dentro do ciclo de produção de carne bovina, vacas adultas são responsáveis por 79% das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ademais, cerca de 2/3 da energia total utilizada desde o nascimento até o abate é exigida pelo par vaca-bezerro (GREGORY, 1972; MONTAÑO-BERMUDEZ et al., 1990). A variação na exigência de manutenção da vaca é determinada pelo tamanho corporal e pelo potencial de produção de leite. Assim, estas variáveis são centrais para entender a eficiência da produção na fase de cria. No Brasil, poucos estudos têm investigado a eficiência econômica e energética de vacas Nelore e Nelore mestiças, mesmo estas tendo sido responsáveis pela produção de cerca de 50 milhões de bezerros em 2011. Tratando desse assunto, foi realizada na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, por dois anos consecutivos, a avaliação de 40 vacas e seus bezerros (ou pares vaca-bezerro) de diferentes grupos genéticos, em parceria com o Laboratório de Crescimento Animal da ESALQ/USP (ALBERTINI, 2007 e 2010). Nesta avaliação, observou-se uma gama notável de variação de eficiência entre os indivíduos. Parte dos bezerros foi terminada em confinamento (abate aos 16 meses) tendo sido observado que, do total de energia utilizada desde o nascimento até o abate de um bovino, 55% foi exigida pelo par vaca-bezerro.

Constatou-se que as exigências de energia e proteína para a lactação foram mais baixas para as vacas da raça Nelore (NN), intermediárias para Caracu × Nelore (CN) e maiores para vacas Angus × Nelore (AN). A secreção de energia no leite por vacas NN foi 18 e 22% menor e a de proteína 13 e 17% menor em relação às vacas CN e AN, respectivamente. Estes resultados são consistentes com pesquisas anteriores indicando que o gado Zebu apresenta menor potencial de produção de leite, quando comparado com cruzamentos *Bos indicus* × *Bos taurus* (CALEGARE et al., 2007, 2009). Curiosamente, vacas NN apresentaram uma produção de leite quase constante durante a lactação (Figura 6.2), embora em menor quantidade, quando comparadas a das vacas dos demais genótipos.

Bezerros estimularam suas mães produzirem cerca de 10% mais leite do que as bezerras (Figura 6.2). Houve diferenças marcantes para os grupos genéticos avaliados. Vacas Simental × Nelore (SN) foram as mais exigentes, contudo, não diferiram das vacas CN (Tabela 6.1). Vacas resultantes do cruzamento de touros *Bos taurus* com vacas Nelore

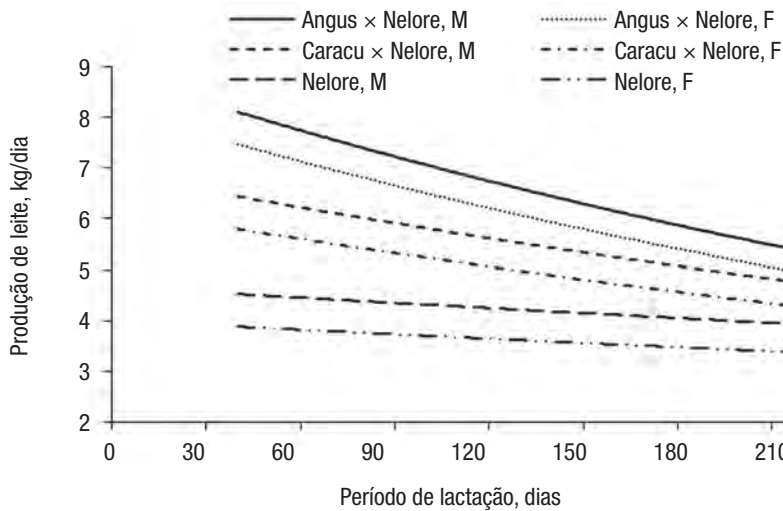


FIGURA 6.2. Curvas de lactação (produção de leite, kg/dia) de vacas de corte agrupadas de acordo com o seu genótipo e sexo do bezerro (M = macho, F = fêmea). Fonte: (ALBERTINI, 2010)

foram até 15% mais pesadas do que as vacas puras Nelore. Bezerros SN apresentaram os maiores ganhos de peso e Nelore, os menores. Este resultado está de acordo com o fato de serem filhos das vacas mais pesadas e mais leves, respectivamente. Os ganhos de peso dos bezerros AN e SN foram semelhantes, o que pode ser explicado pela alta produção de leite dos genótipos Aberdeen Angus e Simental, respectivamente (Tabela 6.2).

Do ponto de vista ambiental, os valores de emissão de CO₂ equivalente (eq.) produzido por par vaca-bezerro (estimados pela metodologia Tier 2 do IPCC), como esperado, ficaram na mesma ordem da demanda de ingestão de energia (Tabela 6.2). Dentre os genótipos, o par Nelore (NN) teve a menor emissão, seguido por Canchim x Nelore (XN), AN, CN e SN, que tiveram, respectivamente, 4%, 7%, 8% e 12% a mais de emissão, em relação ao Nelore. No entanto, ao se considerar a emissão de CO₂-eq/kg de ganho do bezerro (ver Tabela 6.2, última linha), estas relações se invertem. Neste caso, as emissões (CO₂ eq./kg de ganho) foram 9% menor, para CN, e 13 a 14% menores para os demais produtos cruzados, em relação ao NN. Junto com a menor emissão/kg de ganho do bezerro, os animais cruzados tiveram as melhores margens líquidas por kg de ganho, com acréscimos de R\$ 0,17 e R\$ 0,43 para CN e SN, respectivamente. Esses resultados estão em total acordo com a eficiência energética de produção de leite mostrando como a eficiência alimentar pode ter grande efeito na lucratividade (ver item 6).

Portanto, as principais conclusões desse estudo quanto à avaliação do par vaca-bezerro foram:

- Vacas com maior produção de leite estão associadas com maior produção de peso de bezerro por unidade de energia ingerida (Figura 6.3);
- Vacas mais pesadas têm maior exigência e formam pares vaca-bezerro menos eficientes (Figura 6.4);
- Vacas com peso à maturidade elevado reduzem diretamente a margem econômica líquida do sistema de cria;

TABELA 6.1. Médias de quadrados mínimos (\pm erro padrão) de peso (PV) e escore de condição corporal da vaca (ECC), ganho de peso do bezerro (GP) e ingestão de energia metabolizável total (IEM) do par vaca-bezerro (Albertini, 2010).

VARIÁVEL	GENÓTIPO DA VACA					P ¹
	NELORE (NN)	ANGUS × NELORE (AN)	CANCHIM × NELORE (XN)	CARACU × NELORE (CN)	SIMENTAL × NELORE (SN)	
PV em jejum, kg	451 \pm 9.9 ^b	495 \pm 10.1 ^a	451 \pm 15.9 ^b	506 \pm 14.2 ^a	521 \pm 12.1 ^a	0.064
ECC, escala 1 a 9	4,9 \pm 0,06 ^{ab}	4,9 \pm 0,06 ^{ab}	4,7 \pm 0,09 ^b	5,1 \pm 0,08 ^a	5,0 \pm 0,07 ^{ab}	0,098
GP, kg	153 \pm 4,1 ^c	183 \pm 4,5 ^{ab}	176 \pm 7,9 ^{ab}	173 \pm 6,1 ^b	195 \pm 5,9 ^a	0.088
IEM, ¹ Mcal	10.028 \pm 154 ^c	11.386 \pm 159 ^b	10.870 \pm 252 ^b	11.511 \pm 224 ^{ab}	12.047 \pm 192 ^a	0.036

TABELA 6.2. Médias de quadrados mínimos (\pm erro padrão) das estimativas de emissões de metano e gases de óxido nitroso do par vaca-bezerro provenientes da fermentação entérica e das fezes

VARIÁVEL	GENÓTIPO DA VACA					P ¹
	NELORE (NN)	ANGUS × NELORE (AN)	CANCHIM × NELORE (XN)	CARACU × NELORE (CN)	SIMENTAL × NELORE (SN)	
CO ₂ eq. fermentação entérica CH ₄ , kg, par	3.673 \pm 73,5 ^c	3.967 \pm 73,3 ^b	3.867 \pm 83,9 ^b	4.012 \pm 82,0 ^{ab}	4.127 \pm 76,4 ^a	0.009
O ₂ eq. do esterco CH ₄ , kg, par	78 \pm 1,22 ^c	89 \pm 1,24 ^b	85 \pm 1,92 ^b	90 \pm 1,74 ^{ab}	95 \pm 1,74 ^a	0.013
CO ₂ eq. do esterco N ₂ O, kg, par	484 \pm 28,1 ^c	564 \pm 28,1 ^b	541 \pm 30,5 ^b	568 \pm 30,1 ^{ab}	599 \pm 28,8 ^a	0.074
Emissão Total, kg CO ₂ eq., Par ²	4.229 \pm 62,6 ^c	4.612 \pm 62,6 ^b	4.480 \pm 80,1 ^b	4.648 \pm 77,0 ^{ab}	4.817 \pm 68,0 ^a	0.005
Eficiência ambiental, kg CO ₂ eq. par/kg ganho do bezerro ⁴	28,5 \pm 0,68 ^a	25,1 \pm 0,75 ^b	25,0 \pm 1,29 ^b	26,2 \pm 1,01 ^{ab}	25,0 \pm 0,97 ^b	0.019

¹Probabilidade;^{a,b,c} Médias na linha por letras diferentes sobrescritas diferem entre si de acordo com Teste Tukey;²CO₂ equivalente total do metano e do óxido nitroso.

- A relação peso bezerro/peso da vaca ao desmame é uma das características mais associadas à eficiência alimentar do par vaca-bezerro ($r = 0,59$). Portanto, quanto maior a proporção de peso do bezerro em relação ao peso da vaca, melhor a eficiência nesta fase.

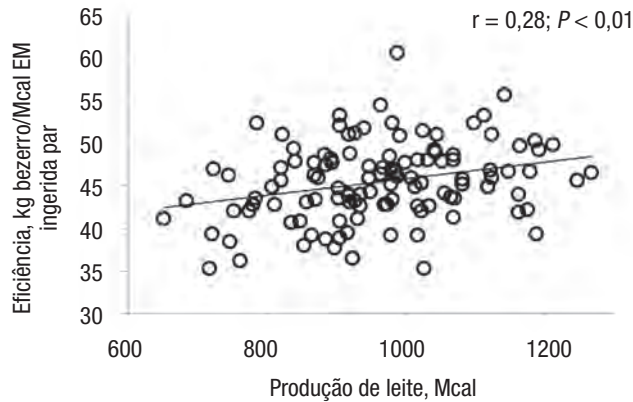


FIGURA 6.3. Correlação residual entre a eficiência do par vaca/bezerro e a produção de leite da vaca de corte. Adaptado de Albertini (2010).

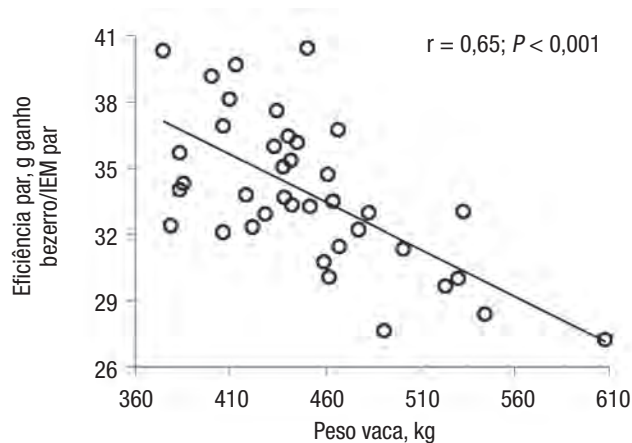


FIGURA 6.4. Correlação residual entre a eficiência do par vaca/bezerro e o peso da vaca de corte. Adaptado de Albertini et al. (2008).

- A simulação de seleção para os pares vaca-bezerro mais rentáveis revela melhoria em até R\$ 25,00/bezerro, com redução da demanda de energia e das emissões de GEE. O preço de bezerro desmamado (deflacionado entre 1996 a 2010) utilizado para prever a rentabilidade foi de R\$ 532,00, ou seja, a melhoria obtida pode atingir até 5% do valor do animal à desmama.

Os resultados ainda indicam, principalmente, que há uma grande oportunidade na seleção de bovinos de corte para melhorar a eficiência pré-desmama. Além disso, pode-se tirar proveito do uso de diferentes recursos genéticos em diferentes situações, tendo o maior retorno possível por meio do cruzamento entre raças.

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E QUALIDADE DA CARNE

Como uma das principais razões para maior eficiência é a menor deposição de gordura corporal e como gordura subcutânea e intramuscular têm grande influência na qualidade da carne, foi levantada a hipótese de que os animais mais eficientes poderiam produzir carne de qualidade inferior. Como a desvalorização da carne pelo mercado pode reduzir a lucratividade e comprometer a sustentabilidade da atividade, foram realizados, então, experimentos para identificar se a eficiência alimentar e características de qualidade da carne apresentam correlação negativa, isto é, se a busca pela primeira pode comprometer a segunda. No primeiro experimento, realizado em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (REIS, 2009), foram utilizadas 31 novilhas *Bos indicus* mestiças (½ Caracu ¼ Angus ¼ Nelore; ½ Caracu ¼ Valdostana ¼ Nelore; ½ Red Angus ¼ Caracu ¼ Nelore) terminadas em confinamento por 102 dias. A dieta foi oferecida à vontade (relação 60:40 de concentrado:silagem de sorgo, na MS). Com base no CAR de cada animal foram criados três grupos: 1) ineficiente (CAR positivo: média = + 0,776 kg/d), 2) intermediário (CAR zero: média = - 0,010 kg/d) e 3) eficiente (CAR negativo: média = - 0,624 kg/d). Os resultados mostraram que não foi verificada diferença em relação à qualidade de carne entre animais de diferentes classes de eficiência (Tabela 6.3). O abate destes animais foi padronizado tendo como meta 6 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS). Além de garantir a produção de carne de alta qualidade, esse critério permite uma comparação de eficiência mais justa, pois o abate ocorre em grau de acabamento semelhante. Caso contrário, ani-

TABELA 6.3. Médias e erros-padrão (EP) de características do músculo *Longissimus dorsi* e da composição da carcaça de animais de diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR).

CARACTERÍSTICAS	CLASSES DE CAR ¹			EP	P ⁴
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIA	INEFICIENTE		
<i>Longissimus dorsi</i>					
Suculência	5,0	5,5	5,6	0,1	0,270
Palatabilidade	5,6	5,7	5,5	0,2	0,860
Maciez (painel) ²	5,7	6,1	6,5	0,1	0,220
Força de cisalhamento ³	5,4	5,2	5,1	0,6	0,850
<i>Composição da carcaça</i>					
Músculo, %	61,6	60,9	59,8	0,9	0,761
Gordura, %	24,1	24,7	25,5	0,7	0,894
Osso, %	14,2	14,3	14,6	0,3	0,897

¹Eficiente: -0,624 kg de MS/dia; Intermediária: -0,01 kg de MS/dia; Ineficiente: +0,776 kg de MS/dia;

²Escala de 1 (extremamente dura) a 9 (extremamente macia), avaliada pelo painel sensorial;

³Avaliada pelo aparelho Warner Braztler; quanto menor o valor, mais macia é a carne;

⁴Probabilidade.

TABELA 6.4. Médias e erro padrão (EP) de características de carne de novilhos Nelore de diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR).

CARACTERÍSTICAS	CLASSES DE CAR ¹			EP	P ⁵
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIA	INEFICIENTE		
pH	5,63	5,62	5,62	0,05	0,2782
CRA ² , %	72,9	72,9	72,9	1,16	0,9626
PC ³ %	24,9	24,7	24,4	1,16	0,2797
FC ⁴ , kgf/cm ²	8,14	8,08	8,03	0,54	0,4235

¹Eficiente: -0,5 kg de MS/dia; Intermediária: 0,0 kg de MS/dia; Ineficiente: +0,5 kg de MS/dia;

²Capacidade de retenção de água;

³Perdas por cocção;

⁴Força de cisalhamento (Nascimento, 2011);

⁵Probabilidade.

mais abatidos com menor acabamento teriam chance de ser indicados como eficientes, quando, na verdade, isso teria sido resultado da composição mais magra do seu ganho de peso, uma vez que é mais fácil depositar o ganho com menos gordura.

Em outros experimentos realizados em parceria com LNCA/ESALQ/USP e Embrapa Pecuária Sudeste (NASCIMENTO, 2011 e SOUZA, 2012), foram avaliados novilhos Nelore quanto à eficiência, em uma abordagem semelhante à anterior (Tabela 6.4 e Figura 6.5). Nesses experimentos, os animais eficientes e ineficientes foram separados pela diferença de uma unidade no CAR (1 kg/dia).

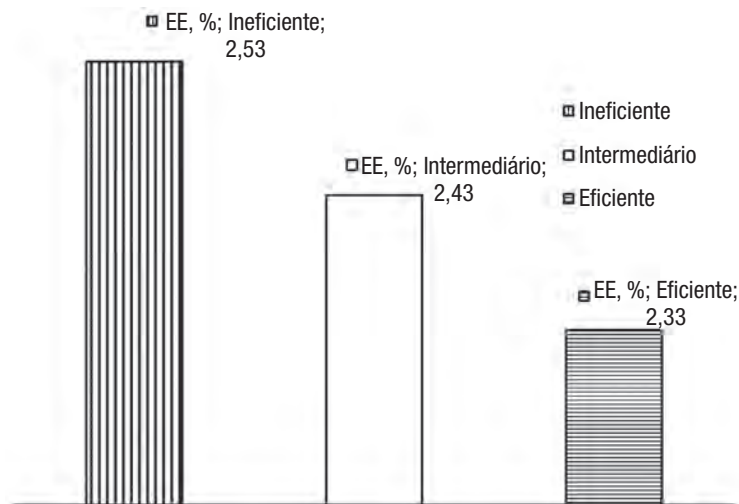


FIGURA 6.5. Teor de gordura intramuscular (extrato etéreo, EE) de amostras de carne de novilhos Nelore para CAR - 0,5 kg de MS/dia (eficiente), 0,0 kg de MS/dia (intermediária) e + 0,5 kg de MS/dia (ineficiente). Erro padrão = 0,21, $p < 0,0106$.

Da mesma maneira que o experimento anterior, concluiu-se que os animais eficientes, intermediários e ineficientes quanto ao CAR produzem carne de qualidade semelhante, exceto pelo teor de extrato etéreo intramuscular (Figura 6.5).

Como quanto mais positivo o CAR, menos eficiente é o animal, pode-se concluir que indivíduos com alta EGS devem ser menos eficientes. NASCIMENTO (2011) e SOUZA (2012) encontraram uma relação positiva entre CAR e espessura de gordura subcutânea, assim como com a taxa de deposição de gordura. Consistentemente com a redução da deposição de gordura subcutânea, houve uma diminuição do conteúdo de gordura da carne (Figura 6.5). Mais uma vez, o conjunto desses resultados evidencia que animais ineficientes (CAR positivo) depositam mais gordura.

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE CARNE

Alguns dos principais resultados da literatura envolvendo CAR estão resumidos na Tabela 6.5. A variação entre os resultados obtidos entre CAR extremos é muito grande, tal como 3,60 kg/dia (Kolath, 2006) ou 1,26 kg/dia (Paulino et al., 2008).

No experimento descrito no item anterior, Reis (2009) observou uma faixa de 2,73 kg/dia, uma vez que o animal mais eficiente apresentou CAR = - 0,96 kg e o menos eficiente apresentou CAR = +1,78 kg. Em outros estudos, com Nelore, os valores extremos de CAR encontrados foram +2,1 e -1,55 kg/dia (SOUZA, 2012) e +2,04 e -1,79 kg/dia (NASCIMENTO, 2011). Esta grande variação de consumo para eficiência, com amplitudes de CAR de 3,7 a 3,8 kg de MS/dia, está associada ao fato dos animais terem sido selecionados a partir de uma população estruturada, produzida justamente para expressar a maior variabilidade genética possível da raça Nelore.

No que diz respeito às características de desempenho observadas por Reis (2009), novilhas ineficientes (alto CAR) consumiram 4,6% mais MS do que as de baixo CAR. Como esperado, o ganho médio diário (1,4 kg/dia) não diferiu entre os grupos de CAR.

Nos experimentos de SOUZA (2012) e NASCIMENTO (2011), as características de carcaça, peso do coração, peso do fígado e gordura interna não foram relacionados com CAR. Já no estudo de Reis (2009), foi revelado que os valores de digestibilidade foram semelhantes entre as classes de CAR, indicando que esta variável não é responsável pela maior eficiência das novilhas mais eficientes. Portanto, a grande variação observada para eficiência reflete, sobretudo, diferenças na necessidade de energia para manutenção. Outra fonte de variação é a própria composição do ganho. Assim, nos experimentos com Nelore, os animais menos eficientes apresentaram maior energia retida (como gordura), estimada pela diferença entre a composição corporal inicial e final. Esta variação pôde explicar cerca de 30% da diferença na ingestão de alimentos entre animais eficientes e animais ineficientes, em termos de CAR. Então, outra grande oportunidade para efetivamente aumentar a eficiência seria a reavaliação completa do que é realmente necessário em termos de gordura na carcaça e cortes de carne para evitar a gordura excessiva. Mesmo nos Estados Unidos, onde a gordura tem uma grande influência no preço da carne, houve considerável redução na gordura da carne nas últimas décadas (McNEIL et al., 2012). Outra vantagem da seleção por eficiência seria a redução da produção de metano por kg de carne produzida, já que o CAR está positivamente correlacionado com a emis-

TABELA 6.5. Resultados de alguns ensaios sobre avaliação de eficiência nutricional.

REFERÊNCIA	PRINCIPAIS RESULTADOS	
	DESEMPENHO	OUTROS
Arthur et al. (2001a)	Alto CAR vs. Baixo CAR: Diferença de 1,247 kg / dia de ingestão de MS	Redução em 14% nos custos com alimentação
Basarab et al. (2003)	CAR negativo ingerido 940 g menos MS que animais CAR positivos com ganho semelhante e taxa de eficiência alimentar 9,4% melhor	Correlação positiva entre CAR e EGS ($r = 0,15$)
Castro Bulle et al. (2007)	Animais CAR negativo apresentaram IMS 15% menor e GMD semelhantes aos animais CAR positivos	Houve correlações significativas entre CAR, EGS ($r = 0,20$) e taxa de deposição EGS ($r = 0,30$)
Kelly et al. (2011)	Animais CAR positivos e negativos tiveram ganhos similares (1,83 vs. 1,91 kg / dia, respectivamente). Animais eficientes apresentaram IMS inferior (10,39 vs. 9,34 kg por dia, respectivamente)	
Durunna et al. (2011)	GMD semelhante (1,84 vs. 1,81 kg / dia) e IMS diferente (9,52 vs. 11,3 kg / dia) entre novilhos originados de vacas cruzadas para touros Angus ou Charolês de CAR negativo e positivo	
Gomes (2009)	Animais CAR positivos e negativos tiveram mesmo ganho (0,93 kg / dia). Animais eficientes apresentaram IMS inferior (8,30 vs. 8,94 kg / dia, respectivamente). e melhor conversão alimentar (9,82 vs. 10,5 kg CMS / kg de ganho)	Menor quantidade de gordura no trato digestivo total de bovinos Nelore de CAR negativo em relação a CAR positivo (30,05 vs. 36,8 kg, respectivamente)
Farjalla (2009)	Menor IMS (8,63 vs. 10,37 kg / dia) e maior eficiência alimentar (0,112 vs. 0,099 kg IMS / kg de ganho) para novilhos da raça Nelore de CAR negativo em relação a CAR positivo	

são de metano. Hergarty et al. (2007) mostraram que o menor consumo observado em animais de CAR negativo (mais eficientes) contribuiu para redução de 18% na emissão de metano diária, valor inferior à redução de 27% encontrada em novilhas sob pastejo (JONES et al., 2011). A diferença de CAR entre os animais nos extremos de eficiência indica uma grande oportunidade para seleção de animais realmente mais eficientes, visto que a herdabilidade para este índice é considerada de moderada a alta.

EFICIÊNCIA E LUCRO

Como a eficiência pode ser definida como “maior produção com menor quantidade de insumos de alimentação”, seria razoável esperar que esta fosse fortemente correlacionada com o lucro. Isso é certo no caso de formas diretas de expressar a efici-

TABELA 6.6. Coeficientes de correlação de Pearson entre características de margem de contribuição, desempenho, consumo, eficiência e composição da carcaça de novilhos Nelore

CARACTERÍSTICAS ¹	MARGEM	PVF	CMS	GPD	EA	CAR	AOL	EGS	EE
Margem	..	-0,18 [†]	-0,26*	0,53**	0,75**	-0,23 [†]	0,20 [†]	0,10	0,06
PVF	0,60**	0,39**	0,15	0,05	0,08	0,14	0,03
CMS	0,35**	-0,08	0,80**	0,01	0,25*	0,17
GPD	0,90**	-0,01	0,24**	0,27**	0,21*
EA	-0,10 [†]	0,15	0,17 [†]	0,15
CAR	-0,15	0,25**	0,22
AOL	-0,02	-0,13
EGS	0,16
EE
GPR

¹Margem de contribuição (R\$/dia); PVF - peso vivo final (kg); CMS - consumo de matéria seca (kg/dia); GPD - ganho de peso (kg/dia); EA - eficiência alimentar; CAR - consumo alimentar residual (kg de MS/dia); AOL - área de olho de lombo (cm²) mensurada no abate, EGS - espessura de gordura subcutânea (mm); EE - extrato etéreo intramuscular (%; SOUZA, 2012);

$p > 0,05$; [†] $p < 0,05$; * $p < 0,01$; ** $p < 0,0001$.

ciência como conversão alimentar (kg de ração/kg de ganho) e seu inverso, a eficiência alimentar. No caso do CAR, não se distingue o animal que é eficiente e tem ganho de peso elevado daquele que, apesar de eficiente, tem baixo ganho. Dessa forma, o CAR acaba sendo mal relacionado com lucro. Isso foi bem demonstrado pelos resultados apresentados por Souza (2012), em que a margem de contribuição (Tabela 6.6) teve associação muito maior com conversão alimentar ($r = 0,75$) e ganho de peso ($r = 0,53$) do que com CAR (-0,23). Resultados semelhantes foram demonstrados por (CRUZ et al., 2010), pelos quais o CAR explicou apenas 18% do custo do ganho. Apesar disso, deve-se deixar claro que as correlações positivas do CAR com lucro aumentam à medida que o custo da alimentação é maior. Além disso, apesar de magnitude baixa a correlação é favorável, o que ainda poderia ser compensador quando comparado ao aumento do peso vivo adulto do rebanho como consequência da seleção para outras características de eficiência.

Já Nascimento (2011) calculou o lucro individual de novilhos Nelore confinados e mostrou que esta variável foi positivamente correlacionada ao CAR. Algumas variáveis econômicas utilizadas nestas análises estão apresentadas na Tabela 6.7.

Estes dados mostram que a eficiência pode ter um efeito profundo no resultado econômico da produção de bovinos de corte, uma vez que o lucro dos animais eficientes foi praticamente o dobro dos ineficientes. Portanto, a eficiência pode ajudar sobremaneira a garantir a saúde financeira da produção de carne bovina.

TABELA 6.7. Médias e erros-padrão (EP) para algumas variáveis econômicas da engorda de novilhos Nelore de acordo com as classes de consumo residual alimentar (CAR)

VARIÁVEIS	CLASSES DE CAR ¹			EP	P ²
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIO	INEFICIENTE		
Ganho de peso, kg/dia	1,26	1,25	1,25	0,06	0,8868
Receita, R\$/dia	5,80	5,78	5,77	0,27	0,6241
Custo total, R\$/@ ³	90,83	93,13	95,42	4,44	0,0007
Custo do alimento, R\$/dia	4,64	4,75	4,87	0,17	<0,0001
Lucro, R\$/@	7,47	5,17	2,89	4,44	0,0007
Lucro, R\$/dia	0,55	0,42	0,28	0,30	0,0019

¹Eficiente: CAR= -0,5kg de MS/dia; Intermediário: CAR= 0,0 kg de MS/dia; Ineficiente: CAR= +0,5 kg de MS/dia;

²Probabilidade;

³@: 15 kg de carcaça (Nascimento, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência nutricional é chave para melhorias significativas, rápidas e duradouras na eficiência global do sistema de produção de gado de corte. Além disso, a variabilidade existente entre indivíduos nas populações permite aumentar a eficiência animal sem comprometer o desempenho ou a qualidade da carne, permitindo o uso da seleção e melhoramento genético para melhorar as margens econômicas da atividade.

Uma questão ainda difícil de responder é quão longe se pode ir na produção de cortes magros, sem perder mercado e sem comprometer a fertilidade dos rebanhos. A carne brasileira, com menor teor de gordura devido à predominância de bovinos das raças zebuínas, em sistemas de produção em pastagens, é muito apreciada em vários países e poderia ser inspiração para uma indústria da carne mais eficiente, ambientalmente correta e saudável no futuro.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ALBERTINI, T.Z. Consumo, eficiência alimentar e exigências nutricionais de vacas de corte na lactação e terminação. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- ALBERTINI, T.Z. Eficiência alimentar e exigências de vacas de corte de diferentes grupos genéticos e suas crias durante o período de pré-desmama. 2008. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Australian Journal of Agricultural Science*, Collingwood, v. 50, p. 147-161, 1999.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; MELVILLE, G.J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 2001, Queenstown. Proceedings... Queenstown, v. 14, p. 135-138, 2001a.

- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 2805-2811, 2001b.
- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 189-204, 2003.
- BEAUCHEMIN, K.A.; JANZEN, H.H.; SHANNAN, M.L.; MCALLISTER, T.A.; MCGINN S.M. 2010. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: a case study. **Agr. Syst.** 103:371-379. CALEGARE, 2007
- CALEGARE, L.; ALENCAR, M.M.; PACKER, I.U.; LANNA, D.P.D. 2007. Energy requirements and cow/calf efficiency of Nellore and Continental and British Bos taurus x Nellore crosses. **J. Anim. Sci.** 85:2413-2422.
- CALEGARE, L.; ALENCAR, M.M.; PACKER, I.U.; LEME, P.R.; FERRELL, C. ; LANNA, D.P.D. 2009a. Pre-weaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and Bos taurus x Nellore. **J. Anim. Sci.** 87:1814-1820.
- CALEGARE, L., M. M. ALENCAR, I. U. PACKER, C. L. FERRELL, and D. P. D. LANNA. 2009b. Cow/calf pre-weaning efficiency of Nellore and Bos taurus x Bos indicus crosses. **J. Anim. Sci.** 87:740-747.
- CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B.; WELSH JR, T.H.; WARRINGTON, B.G.; MILLER, R.K.; RANDER, R.D.; FORBES, T.D.A.; LIPPKE, H.; GREENE, L.W.; LUNT D.K. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, Kleberg, p. 31-34, 2002.
- CASTRO BULLE, F.C.; PAULINO, F.C.P.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 928-936, 2007.
- CRUZ, G.D.; RODRIGUEZ-SANCHES, J.A.; OLTJEN, J.W.; SAINZ, R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 324-329, 2010
- DURUNNA, O.N.; PLASTOW, G.; MUJIBI, F.D.N.; GRANT, J.; MAH, J.; BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S.; WANG, Z. Genetic Parameters and genotype by environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1112-1123, 2011.FAN, 1995
- FARJALLA, Y.B. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência alimentar através do consumo alimentar residual. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of Food and Agriculture. <http://www.fao.org/publications/en/>. Acesso em 16 fev. 2011.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. **J. Anim. Sci.** 61:725-741.
- GOMES, R.C. Metabolismo protéico, composição corporal, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função do seu consumo alimentar residual. 2009. Tese Doutorado em Zootecnia - Qualidade e Produtividade animal) - Universidade de São Paulo.
- GREGORY, K.E. 1972. Beef cattle type for maximum efficiency “putting it all together”. **J. Anim. Sci.** 34:881-884. JONES, 2011
- KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS JR., D.H.; LYNCH, C.O.; WUYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KELLY, A.K. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p. 8-16, 2011.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, GREGORY, D.K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 22, p. 486-494, 1963. KOLATH, 2006
- MCNEILL, S.H.; HARRIS, K.B.; FIELD, T.G.; VAN ELSWYK, M.E. The evolution of lean beef: Identifying lean beef in today’s U.S. marketplace. **Meat Science**, 90, 1-8, 2012.
- MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K. 1990. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **J. Anim. Sci.** 68:2297-2309.

- NASCIMENTO, M.L. Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; SCHMID, K.; LI, C.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; WANG, Z.; MOORE, S.S. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 145–153, 2006.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; FONSECA, M.A.; VÉ-RAS, R.M.L.; OLIVEIRA, D.M. Productive performance of Nellore cattle of different gender fed diets containing two levels of concentrate allowance. **Brazilian Journal of Animal Science** 37(6): 1079-1087, 2008.
- REIS, S.F. Características de crescimento e qualidade de carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009
- ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetics parameters for feed efficiency, fatness, muscle area, and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.
- SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.; NUERNBERG, K.; ANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Sci.** vol. 74, p. 17-33, 2006. SMITH, 2009.
- SHAFFER, K.S.; TURK, P.; WAGNER, W.R.; FELTON, E.E.D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p. 1208–1034, 2011.
- SOUZA, A.R.D.L. Relações entre eficiência alimentar, características de carcaça e qualidade de carne de novilhas Nelore confinados. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- USDA. 2010. Livestock and poultry: world market and trade circular archives. http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock_poultryfull101510.pdf. Accessed Dec. 11, 2010.

MANEJO SANITÁRIO DO REBANHO

Vanessa Felipe de Souza

INTRODUÇÃO

Para garantir a oferta de carne e subprodutos de alta qualidade é fundamental partir de um sistema de produção que considere a saúde dos bovinos como uma prioridade. Nesse sentido, a adoção de medidas preventivas e curativas de controle sanitário exerce um papel de destaque na estrutura da cadeia produtiva, assegurando tanto a produção de alimentos seguros e saudáveis, quanto promovendo o bem-estar animal.

Vale destacar que a condição sanitária dos animais pode influenciar direta ou mesmo indiretamente diversos valores de índices zootécnicos como, por exemplo, a mortalidade, a natalidade, a viabilidade, o desmame, a conversão alimentar, o ganho de peso, o rendimento de carcaças, entre outros, com implicações de ordem econômica, especialmente nos rebanhos comerciais, mas também genética, afetando as estratégias de seleção, em plantéis incluídos em programas de melhoramento genético.

Além do prejuízo no desempenho do rebanho, seja pelo comprometimento da qualidade da carne e do couro, ou por perdas no rendimento da produção, a ocorrência de enfermidades e de parasitas, quando não controlada, podem potencializar o risco de transmissão de determinadas doenças ao homem, as chamadas zoonoses, dentre as quais se destacam a brucelose, a tuberculose, a leptospirose e a raiva.

As perdas não se resumem apenas ao âmbito da produção propriamente dita, pois o impacto provocado pela presença de enfermidades específicas contribui para dificultar a comercialização dos produtos e favorecer a imposição de barreiras sanitárias pelos mer-

cados compradores, comprometendo todo o sistema, como observado, por exemplo, em casos de surtos de febre aftosa.

Nesse contexto, atender às exigências de manejo sanitário dos rebanhos pode ser considerado um dos pilares da produção animal, juntamente com a oferta de nutrição adequada, tanto em qualidade quanto em quantidade, em um ambiente favorável e apropriado para que os animais possam expressar todo seu potencial genético e, com isso, melhorar a produtividade do sistema.

Vale ressaltar ainda que a saúde dos animais pode ser influenciada por determinadas características de adaptabilidade entre raças zebuínas e taurinas. Isso se reflete principalmente sobre a maior resistência a doenças, manifestada pela menor taxa de infestação por carrapatos e quadros de hemoparasitoses (o chamado complexo tristeza parasitária bovina, causado pela anaplasmose e/ou babesiose), em gado zebuínio, ao contrário do observado em raças europeias. Além disso, pode ser observada uma maior adaptação a temperaturas mais elevadas, por parte de animais zebuínos. Portanto, como os animais apresentam diferenças fisiológicas e de comportamento, o adequado planejamento na escolha das raças e cruzamentos para produção, considerando as condições geográficas e climáticas da região na qual se deseja estabelecer o rebanho, pode reduzir custos posteriores, em consequência da necessidade de adequação de instalações e abrigos.

DETERMINADAS FASES DA CRIAÇÃO NECESSITAM CUIDADOS ESPECIAIS COM A SAÚDE DOS ANIMAIS

Visando obter o melhor desempenho da criação, no que se refere ao controle sanitário, devem ser consideradas não apenas as medidas compulsórias, reguladas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), mas também um criterioso programa de manejo sanitário, o qual deve ser planejado com a orientação técnica de um médico veterinário, para atender as exigências do sistema de produção em questão.

É desejável que no referido planejamento sejam ponderadas situações críticas dentro do sistema de produção, como no caso de cria de bezerros, no qual o ambiente (por exemplo, o pasto maternidade) e a condição sanitária das vacas são fatores importantes para o nascimento de produtos viáveis. Além desses, os cuidados com os bezerros ao nascer, como a imediata ingestão do colostro e a cura do umbigo desempenham um papel fundamental nessa fase.

Concluída essa etapa, o próximo ponto crítico será observado quando os animais atingirem a idade de desmame, justamente quando aumentam as ocorrências de doenças respiratórias e principalmente de diarreias parasitárias (usualmente coccidioses), bacterianas (comumente colibacilose) e virais (sobretudo causadas por rotavírus e coronavírus), pois esses patógenos encontram um ambiente favorável para estabelecimento e multiplicação no trato digestivo imaturo dessa categoria animal. Precisamente nessa etapa, é necessário um maior cuidado com a qualidade da água oferecida, devendo dar especial atenção aos procedimentos e à frequência de limpeza dos bebedouros.

Como o objetivo principal da atividade pecuária de bovinos de corte é a produção de carne, tornam-se indispensáveis os cuidados com a saúde reprodutiva de touros e matrizes. Para tanto, é recomendado que seja realizada uma avaliação do desempenho

reprodutivo dos animais, considerando as taxas de concepção e natalidade. A partir dos resultados obtidos pode ser necessário um diagnóstico mais aprofundado, incluindo análises laboratoriais para determinar a causa de índices não satisfatórios. Além de fatores comportamentais, genéticos e nutricionais, algumas doenças infecciosas podem interferir negativamente, reduzindo os índices reprodutivos, seja por abortamento ou infertilidade, dentre as quais se destacam a brucelose, a tricomonose, a campilobacteriose, os vírus causadores da rinotraqueíte infecciosa bovina (IBR)/vulvovaginite pustular infecciosa (IPV)/balanopostite pustular infecciosa (BPV), a diarreia viral bovina (BVD)/doença das mucosas (MD), a neosporose, a leptospirose, a listeriose e a clamídiase, entre outras.

OUTRAS DOENÇAS QUE PODEM IMPACTAR A PECUÁRIA BOVINA DE CORTE

Além dos cuidados de saúde relacionados a fases específicas da produção, em que existe uma predominância de determinadas enfermidades, é importante mencionar outras doenças infecciosas que podem acometer os animais em qualquer faixa etária, com destaque para as clostridioses (botulismo, carbúnculo sintomático, gangrena gasosa, enterotoxemia, hemoglobinúria bacilar dos bovinos e tétano) associadas à mortalidade de bovinos nas mais diversas regiões do Brasil.

Frequentemente, a ocorrência de clostridioses, especialmente de botulismo, está relacionada a uma suplementação mineral inadequada ou mesmo inexistente. Nesses casos, a prática de osteofagia por parte dos animais é comumente observada, e deve ser corrigida por meio de suplementação mineral balanceada e do adequado destino dos cadáveres, pois os clostrídeos podem permanecer no tubo digestivo dos animais e no ambiente durante longos períodos.

Entretanto, vale lembrar que essas doenças podem ser prevenidas por meio de vacinação e que as preparações comerciais disponíveis são usualmente polivalentes. Sobre isso é importante que o produtor esteja atento para utilizar um produto que contenha em sua formulação o agente relacionado à causa dos quadros clínicos observados.

Para proteção contra as clostridioses, como orientação geral, é recomendado vacinar os bezerros a partir dos três meses de idade, com reforço em torno de 21 a 28 dias após a primeira dose, seguido de revacinação anual. Em situações específicas, como em casos de alta incidência, pode ser necessária a adoção de uma estratégia de imunização diferenciada, conforme a orientação do médico veterinário responsável. Em todos os esquemas de vacinação contra clostridioses é importante considerar um período negativo de aproximadamente três semanas, em que os animais não expressam a máxima capacidade protetora oferecida pela vacina e, portanto, não devem ser colocados em pastagens contaminadas.

Embora não estejam contempladas em programas de saúde animal específicos, outras doenças tem destacada importância na produção de bovinos, como a teníase, a cisticercose e as ectoparasitoses (carrapatos, miíases, mosca-dos-chifres e mosca-dos-estábulo, entre outras). Além destas, existem doenças para as quais existem vacinas disponíveis no mercado (Quadro 7.1).

QUADRO 7.1.Principais doenças que podem acometer bovinos e que possuem vacinas disponíveis no mercado¹.

DOENÇA	AGENTE	CLASSIFICAÇÃO
Anaplasmosose	<i>Anaplasma marginale</i>	rickettsia
Babesiose	<i>Babesia bigeminae</i> a <i>B. bovis</i>	protozoário
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i>	bactéria
Brucelose	<i>Brucella abortus</i>	bactéria
Campilobacteriose	<i>Campylobacter fetus</i>	bactéria
Carbúnculo hemático	<i>Bacillus anthracis</i>	bactéria
Carbúnculo sintomático	<i>Clostridium chauvoei</i>	bactéria
Ceratoconjuntivite	<i>Moraxella bovis</i>	bactéria
Colibacilose	<i>Escherichia coli</i>	bactéria
Coronavírus	Coronavírus bovino	vírus
Diarreia viral bovina/doença das mucosas (BVD/MD)	Vírus da diarreia viral bovina/doença das mucosas	vírus
Enterotoxemia	<i>Clostridium perfringens</i> tipo D	bactéria
Febre aftosa	Vírus da febre aftosa	vírus
Gangrena gasosa/edema maligno	<i>Clostridium septicum</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Clostridium novyi</i> , <i>Clostridium chauvoei</i> e <i>Clostridium sordelli</i>	bactéria
Hemoglobinúria bacilar	<i>Clostridium haemolyticum</i>	bactéria
Leptospirose	<i>Leptospira</i> spp.	bactéria
Pasteurelose	<i>Pasteurella haemolytica</i>	bactéria
Parainfluenza bovina tipo 3 (PI3)	Parainfluenza bovina tipo 3	vírus
Raiva	Vírus rábico	vírus
Rinotraqueíte infecciosa bovina (IBR)	Vírus da rinotraqueíte infecciosa bovina	vírus
Rotavírus	Rotavírus bovino	vírus
Salmonelose ou Paratifo	<i>Salmonella Dublin</i> <i>S. typhimurium</i>	bactéria
Tétano	<i>Clostridium tetani</i>	bactéria
Vírus respiratório sincicial dos bovinos (BRVS)	Vírus respiratório sincicial dos bovinos	vírus

¹Adaptado de Souza et al. (2009).

DIRETRIZES GERAIS RECOMENDADAS PARA PROMOVER A SAÚDE DOS REBANHOS

O sucesso na produção de carne de qualidade envolve diversos fatores que precisam estar intimamente relacionados, como por exemplo, a utilização de insumos de origem confiável e orientação técnica capaz de nortear as tomadas de decisões, considerando as exigências econômicas, sociais e sanitárias de mercado, sejam nacionais ou internacionais, assim como o respeito aos animais e ao ambiente. No que tange às condições sanitárias dos rebanhos, é recomendado que sejam seguidas algumas medidas básicas, sendo que a maioria dessas estão previstas em um planejamento estratégico que vise a prevenção de eventos indesejáveis e a pronta correção desses, em caso de ocorrência.

A principal ferramenta desse planejamento é a implantação de um calendário anual de controle sanitário, estabelecido com a orientação de um médico veterinário, e que leve em consideração as características da criação em questão. Tendo uma visão panorâmica das particularidades do sistema de produção e definindo ações contínuas de prevenção e controle de doenças, será possível adotar medidas capazes de minimizar as perdas resultantes de grande parte das enfermidades observadas nos rebanhos.

Além de obedecer ao planejamento das ações que deverão ser executadas com vistas a manter a saúde dos rebanhos, é fundamental o registro das informações. Para tanto é recomendado manter sempre atualizadas as fichas de controle sanitário preventivo e curativo, sejam estas individuais ou por lote, anotando a data da ocorrência, bem como o procedimento realizado e a dose e o lote do medicamento, quando utilizado.

Para que todo o sistema funcione de forma coordenada, é importante que as pessoas responsáveis pelo manejo dos animais sejam capacitadas no ofício que desempenham. A capacitação dos trabalhadores de campo, além de aumentar a motivação pessoal em virtude da maior compreensão das atividades realizadas, propicia a aquisição de fundamentos capazes de preparar o indivíduo para reconhecer anormalidades na saúde dos animais, além de instruir sobre a correta forma de aplicação de vacinas e medicamentos.

Uma vez que os tratadores estejam capacitados para exercer uma vigilância contínua sobre a saúde dos animais, estes devem ser orientados para comunicar, imediatamente, ao responsável técnico, a observação de alterações no comportamento e no estado sanitário dos animais, isolando-os em caso de suspeita de doenças transmissíveis.

A qualidade dos insumos também desempenha um papel de destaque na produção, pois a utilização de produtos não aprovados pelo Mapa, além de potenciais implicações legais, pode prejudicar a saúde dos rebanhos e mesmo dos seres humanos que porventura consumam produtos ou subprodutos oriundos desses animais. Portanto, devem ser utilizados nos animais, apenas vacinas e medicamentos aprovados pelo Mapa, bem como devem ser atendidas as recomendações técnicas para conservação, armazenamento e aplicação destes conforme informações contidas na bula e orientação do médico-veterinário.

Outro ponto não menos importante no sistema de produção de bovinos de corte é a observação e o cumprimento dos prazos de carência dos medicamentos de uso veterinário antes do envio dos animais para abate, informação essa contida na bula. Da mesma forma devem ser respeitadas as proibições de uso de determinados produtos nos

animais, sejam administrados como medicamentos ou mesmo como complemento nutricional, como por exemplo, a proibição de fornecimento de proteína de origem animal para alimentação de ruminantes.

DIRETRIZES RELACIONADAS AO SISTEMA DE DEFESA SANITÁRIA ANIMAL

Para que a produção pecuária nacional atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), o Mapa, em instância federal, regulamenta uma série de medidas compulsórias que visam proteger a saúde pública e promover o controle e a erradicação de enfermidades.

Um ponto de destaque para as ações de defesa sanitária animal está relacionado com as exigências de rastreabilidade, como o controle dos registros de trânsito dos animais junto aos órgãos locais de defesa. Para tanto, é exigida a Guia de Trânsito Animal (GTA), um documento oficial que deve ser emitido pelos órgãos estaduais de defesa sanitária animal, para toda e qualquer movimentação e transporte de animais, independente da finalidade, seja esta venda, transferência entre propriedades, participação em feiras, exposições, leilões, abate ou outras.

Outra medida importante a ser atendida é o cumprimento dos calendários de imunização obrigatória dos rebanhos, conforme as instruções preconizadas pelos programas oficiais de sanidade animal. As categorias animais e os períodos de imunização são estabelecidos segundo a enfermidade, mas podem variar dependendo da região.

Além da imunização dos animais contra doenças de notificação obrigatória, como febre aftosa, brucelose e raiva, as ações de vigilância epidemiológica contribuem efetivamente para a manutenção do estado sanitário dos rebanhos. Nesse caso, a orientação de conduta é para que qualquer caso de suspeita de doença de notificação obrigatória (doenças vesiculares e síndromes nervosas) seja comunicado imediatamente ao órgão local de defesa sanitária animal, de acordo com a legislação vigente.

A seguir estão listadas as principais medidas de controle sanitário por programa.

PROGRAMA NACIONAL DE ERRADICAÇÃO E PREVENÇÃO DA FEBRE AFTOSA (PNEFA)

A febre aftosa causa prejuízos diretos ao desempenho produtivo dos rebanhos, além de afetar o comércio nacional e internacional de produtos de origem animal. O sucesso do controle da doença depende do envolvimento permanente de todos os setores da cadeia produtiva, em esforço conjunto entre os órgãos de defesa sanitária animal, produtores, responsáveis técnicos, trabalhadores rurais, empresas produtoras de vacinas, transportadores, frigoríficos e estabelecimentos comerciais. Segundo o PNEFA, é proibida a aplicação de vacina contra a febre aftosa em qualquer animal nos Estados com status sanitário “livre de febre aftosa sem vacinação”. Atualmente apenas o Estado de Santa Catarina está incluído nessa categoria.

Por outro lado, as recomendações a serem adotadas nos Estados com status sanitário “livre de febre aftosa com vacinação” e Estados “não livres” são de que os bovinos e

os bubalinos deverão ser vacinados durante as etapas de vacinação determinadas pelo Mapa para cada Estado e as comprovações dos fatos entregues aos órgãos locais de vigilância sanitária.

Vale mencionar que é responsabilidade do produtor a efetiva participação nas campanhas de vacinação, respondendo por isso em caso de omissão. Ainda conforme o PNE-FA fica proibida a aplicação de vacina contra a febre aftosa em caprinos, ovinos e suínos.

PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA RAIVA DOS HERBÍVOROS E OUTRAS ENCEFALOPATIAS (PNCRH)

A raiva é considerada uma das principais zoonoses, pois os casos em humanos geralmente são fatais. O prejuízo mais comum causado pela doença aos animais de produção na zona rural é a morte após a infecção pelo vírus rábico. Além disso, a ação dos morcegos hematófagos, principais transmissores da raiva dos herbívoros, está associada a perdas de produtividade por depreciação do couro, estabelecimento de miíases, infecção bacteriana secundária no local da mordedura e espoliação sanguínea do animal, bem como o risco de transmissão de outras doenças para humanos, como a hantavirose.

Segundo o PNCRH, todo proprietário rural deverá notificar ao serviço veterinário oficial a presença de animais de sua propriedade que estejam sendo atacados por morcegos hematófagos, que apresentem quadros de suspeita ou mesmo ocorrência de raiva, assim como a existência de abrigos com colônia de morcegos dessas espécies. É importante salientar que as ações de controle da população desses morcegos são de responsabilidade do serviço oficial de defesa.

Nas regiões de ocorrência de raiva os proprietários deverão vacinar anualmente os bovinos e os equinos. Nesse caso, todos os animais, quando vacinados pela primeira vez, deverão ser revacinados após quatro semanas e, depois disso, anualmente. Após a vacinação dos animais, esta deverá ser notificada aos órgãos locais de defesa e o proprietário deverá apresentar a nota fiscal de compra da vacina e informar a data da vacinação, o número e a espécie dos animais vacinados.

Outra enfermidade incluída no PNCRH é a encefalopatia espongiiforme bovina (EEB), uma das doenças do grupo das Encefalopatias Espongiiformes Transmissíveis (EET), comumente conhecida como “doença da vaca louca”. Trata-se de uma enfermidade degenerativa transmissível e fatal que acomete o sistema nervoso central de bovinos, com longo período de incubação (em média cinco anos), sendo caracterizada clinicamente por nervosismo, reação exagerada a estímulos externos e dificuldade de locomoção.

Considera-se que a introdução da EEB pode ocorrer pelo uso de produtos de origem animal contaminados na alimentação de ruminantes (principalmente farinhas de carne e ossos) ou pela entrada de bovinos infectados. Dessa forma, os bovinos nativos poderiam se infectar com o prion, o agente da EEB, caso fossem alimentados com farinhas contaminadas.

Segundo o Mapa (Portaria nº 516, de 9 de dezembro de 1997), a EEB, assim como a paraplexia enzoótica dos ovinos (*scrapie*), foram incorporadas ao sistema de vigilância da raiva dos herbívoros domésticos, sendo também de notificação obrigatória a ocorrência ou a suspeição dessas enfermidades. A principal recomendação para prevenção da EEB

e outras encefalopatias espongiformes transmissíveis dos animais, é a proibição do uso de qualquer fonte de proteína animal na alimentação de ruminantes (inclusive cama de aviário, resíduos da exploração de suínos, farinhas de animais ou qualquer outra fonte de alimento que contenha proteínas de origem animal), com exceção das proteínas lácteas.

Para assegurar o cumprimento dessa exigência o PNCRH preconiza que, antes de alimentar os bovinos (ou outros ruminantes) com rações, concentrados e suplementos proteicos, o produtor verifique no rótulo destes produtos se não se encontram os dizeres: “Uso proibido na alimentação de ruminantes”.

No caso em que a ração seja preparada na propriedade, a recomendação é que o produtor se certifique para que não sejam misturados alimentos para animais não ruminantes como cavalos, suínos e frangos. É importante que estes alimentos sejam mantidos controlados e separados para não haver o risco de contaminação no transporte, na armazenagem, na pesagem ou mesmo no próprio cocho dos animais.

Outra medida de controle é a manutenção dos registros de compra de insumos, como os comprovantes e notas fiscais de aquisição de rações, concentrados e suplementos proteicos, bem como das matérias primas, caso estes alimentos sejam preparados na propriedade.

Da mesma forma que outras doenças de notificação obrigatória, é necessário informar a unidade local do serviço veterinário oficial em caso de observação de animal apresentando algum sinal de doença do sistema nervoso, como alteração do comportamento, dificuldade de locomoção, paralisia e andar cambaleante, entre outros.

Por se tratar de uma doença não usual, é altamente recomendável que o produtor e o responsável técnico se mantenham informados e atualizados em relação às medidas de prevenção e às normas e procedimentos definidos pelas autoridades sanitárias.

PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE E ERRADICAÇÃO DA BRUCELOSE E DA TUBERCULOSE (PNCEBT)

A brucelose é uma doença que prejudica a produção, principalmente por perdas reprodutivas, especialmente o aborto. Além disso, a doença tem forte impacto à saúde pública, uma vez que pode ser transmitida ao homem e acarretar graves problemas clínicos.

Segundo o PNCEBT, as fêmeas bovinas e bubalinas devem ser vacinadas entre os três e os oito meses de idade, em dose única, com vacina preparada a partir da amostra B19. A vacinação deverá ser realizada sob a responsabilidade de médico veterinário cadastrado no serviço estadual de defesa sanitária animal, o qual emitirá o atestado de vacinação.

A identificação das fêmeas vacinadas contra brucelose deverá ser feita por marcação a ferro quente, no lado esquerdo da cara, com a letra V, acompanhada do número final do ano da vacinação. Nesse caso, ficam excluídas da identificação com marca a ferro quente as fêmeas destinadas ao registro genealógico, quando devidamente identificadas, ou aquelas identificadas individualmente por sistema aprovado pelo Mapa.

Em situações específicas, fica permitida a vacinação de fêmeas bovinas e bubalinas, com idade superior a oito meses, e fêmeas adultas não reagentes, com a vacina RB51 (vacina contra brucelose não indutora da formação de anticorpos aglutinantes) executada por médico veterinário credenciado. Deve ser observada a proibição de vacinação

de bovinos e bubalinos machos de qualquer idade, fêmeas com idade até oito meses e fêmeas gestantes com a vacina RB51.

Para fins de registro, a vacinação contra a brucelose deverá ser comprovada no serviço estadual de defesa sanitária animal, sendo essa necessária em algumas situações para a emissão da GTA para bovinos ou bubalinos, dependendo da finalidade da movimentação ou transporte. Devido às características da vacina, é fundamental o cuidado durante a manipulação do produto, pois pode ocorrer contaminação do ser humano em caso de inoculação acidental. Em caso de acidente é recomendado procurar atendimento médico imediatamente.

Para a realização dos testes diagnósticos para brucelose e para a emissão dos laudos sanitários dos animais testados, conforme normas do PNCEBT, o produtor deverá contratar os serviços de um médico-veterinário habilitado pelo Mapa ou serviço estadual de defesa sanitária animal. Da mesma forma, é recomendado ao pecuarista não introduzir animais oriundos de outras propriedades em seu rebanho sem a exigência de laudos sanitários negativos para brucelose emitidos por médico-veterinário habilitado.

Outra doença contemplada no PNCEBT é a tuberculose animal, cujo controle desempenha um papel significativo para saúde pública, pois o consumo de carne, leite e derivados crus oriundos de animais infectados pode contaminar o homem. Ainda nesse sentido, os tratadores de rebanhos infectados e os trabalhadores da indústria de carnes constituem os grupos ocupacionais mais expostos à doença. Ainda não existe vacina disponível no mercado para essa enfermidade e os animais infectados devem ser sacrificados.

Assim como para brucelose, os médicos veterinários deverão ser habilitados pelo Mapa para realização do diagnóstico de tuberculose, como a execução dos testes de tuberculina e também emissão dos laudos sanitários dos animais testados. Por ser uma doença em que o tratamento não é permitido, os produtores poderão realizar o controle e a posterior erradicação da tuberculose de seus rebanhos com a execução de testes realizados por médico veterinário habilitado pelo Mapa, seguido de sacrifício ou abate sanitário dos animais reagentes. Além disso, não deverão introduzir em seus rebanhos animais oriundos de outras propriedades sem a exigência de laudos sanitários negativos para tuberculose.

VACINAÇÃO EM BOVINOS

A prática de aplicação de vacinas em bovinos tem como objetivos principais prevenir a ocorrência e a disseminação de doenças, promover o bem-estar animal e minimizar os prejuízos econômicos associados à ocorrência de doenças. Embora seja uma intervenção costumeira e plenamente incorporada na rotina de manejo dos animais, é bastante comum a observação da realização de procedimentos de forma inadequada, com resultados indesejáveis, como lesões humanas e animais por acidentes durante os trabalhos, além de reações vacinais por contaminação durante os trabalhos.

Por outro lado, os benefícios que vacinações corretas proporcionam acabam revertendo em lucro para o produtor, dentre os quais se destacam a redução de perdas de doses do produto, de gastos por danificação de equipamentos (seringas e agulhas), de ocorrências de acidentes de trabalho e de lesões nos animais.

O sucesso do procedimento vacinal se reflete na alta taxa de proteção dos animais contra as doenças e no baixo índice de reações vacinais. Para isto, é preciso associar o uso de produtos confiáveis, os cuidados durante o processo e as boas condições de saúde, para que o animal possa desenvolver uma resposta imune satisfatória, seguindo algumas recomendações básicas. Vale lembrar que todo o processo de vacinação inclui não somente a aplicação propriamente dita do produto, mas também a confiabilidade da qualidade do produto desde a aquisição, o transporte e a armazenagem na propriedade.

A seguir são listados os principais pontos que devem ser considerados para o planejamento e execução de um processo de vacinação adequada:

- Vacinar somente os animais que estejam sadios;
- Verificar e seguir as instruções de uso que acompanham o produto;
- Verificar e respeitar a data de validade das vacinas;
- Aplicar as vacinas nos locais recomendados pelos fabricantes, pois a aplicação em locais inadequados pode provocar lesões, redução do rendimento da carcaça com depreciação do seu valor comercial, principalmente quando localizada em regiões nobres;
- Aplicar as vacinas nas doses recomendadas pelo fabricante;
- Conservar as vacinas em ambiente refrigerado, de +2°C a +8°C;
- A grande maioria das vacinas não deve ser congelada;
- Agitar o frasco de vacina sempre antes de preencher a seringa ou pistola, bem como nas recargas subsequentes;
- Desinfetar sempre as seringas e as agulhas em água fervente, por pelo menos 15 minutos (os materiais devem ser colocados na água após o início da fervura) e mantê-las em local limpo durante os trabalhos;
- Sempre lavar, desinfetar e secar as agulhas, as seringas ou as pistolas ao final dos trabalhos;
- Jamais utilizar agulhas tortas, enferrujadas e com pontas rombudas;
- Não vacinar animais submetidos a atividades desgastantes, como longas caminhadas ou viagens. Deve-se, aguardar que os animais descansem, ou se recuperem, antes de manejá-los para vacinação;
- Conter os animais para a aplicação da vacina, de preferência individualmente, pois essa prática diminui o risco de quebra de agulhas, de refluxo de medicamento, de perda de doses e de acidentes com trabalhadores e animais.

Existe uma grande variedade de vacinas para bovinos disponíveis no mercado, mas a escolha do produto deve estar de acordo com a orientação do médico veterinário e atender o calendário de controle sanitário adotado na propriedade.

Vale ressaltar que a decisão sobre a utilização de determinadas vacinas, o período mais favorável para aplicação, assim como a escolha do produto mais indicado, deve levar em consideração as exigências legais, a ocorrência das doenças na região, o tipo de exploração do sistema produtivo (como faixa etária e movimentação de trânsito de animais), as características de adaptabilidade e suscetibilidade às doenças, a relação custo-benefício para a produção, entre outros. Todavia, cabe ao médico veterinário a orientação do produtor rural para que este ofereça condições sanitárias adequadas aos animais sob sua tutela.

DESCARTE DE CARÇAÇAS E OUTROS RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL

O correto destino dos resíduos de origem animal, sejam estes provenientes de animais sadios ou doentes, contribui não somente para preservação ambiental, mas também evita problemas de saúde pública. Algumas medidas preventivas devem ser adotadas para evitar a contaminação do solo, da água, dos seres humanos e dos animais em se tratando de descartes de cadáveres de animais, peças destes ou mesmo secreções ou excreções suspeitas de contaminação por agentes infectocontagiosos, tais como:

- As carcaças não devem ser deixadas a céu aberto e sim ao menos enterradas a uma profundidade que permita uma cobertura de terra de aproximadamente 1,5 m sobre elas. Essa medida evita também o acesso de moscas e outros animais (carnívoros, roedores, etc.) aos descartes;
- É recomendável que as carcaças e/ou partes sejam totalmente queimadas dentro da própria cova ou grelha, na qual podem ser utilizados materiais combustíveis, como óleo diesel e madeira seca, e a seguir cobertas com terra conforme o caso;
- As carcaças não devem ser arrastadas, para evitar contaminação da área, especialmente em caso de morte/abate por doenças infectocontagiosas, como brucelose, tuberculose, raiva, leptospirose e clostridioses em geral (botulismo, carbúnculo sintomático, gangrena gasosa, tétano, enterotoxemia e hemoglobinúria bacilar dos bovinos). É recomendável colocar a carcaça sobre um veículo, que posteriormente deverá ser lavado e desinfetado, e transportá-la até o local onde será destruída;
- É recomendado que o indivíduo use luvas e botas de borracha para proteção pessoal, as quais deverão ser desinfetadas com produtos apropriados após o uso, ao manipular resíduos de origem animal suspeitos de doenças transmissíveis ao homem ou animais;
- É recomendável que o local destinado para enterro seja distante de cursos de água superficiais, e da mesma forma sejam evitadas áreas com inclinação acentuada do terreno. Essa medida reduz o risco de drenagem de matéria orgânica e microrganismos patogênicos capazes de contaminar lençóis freáticos que abastecem fontes de água de uso humano ou animal.

FONTES DE REFERÊNCIA

Centro Panamericano de Febre Aftosa: <http://new.paho.org/panaftosa>

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: www.agricultura.gov.br

Organização Mundial de Saúde Animal: <http://www.oie.int/>

RADOSTIS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P.D. (Ed.). *Veterinary medicine: a text-book of the diseases of cattle, sheep, pigs and horses*. 10. ed. Amsterdam: Saunders: Elsevier, 2007.

SOUZA, V.F.; SOARES, C.O.; FERREIRA, S.F. Vacinação, a importância das boas práticas e a prevenção de doenças de interesse em bovinocultura. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2009. 15p. (EMBRAPA-CNPGC. Comunicado Técnico, 122).



FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA A PECUÁRIA DE CORTE

Fernando Paim Costa
Mariana de Aragão Pereira

INTRODUÇÃO

O discurso em torno da urgência de se elevar o nível de gerenciamento dos estabelecimentos rurais é presente em praticamente toda discussão acerca dos gargalos do agronegócio brasileiro, independentemente da atividade, da inserção geográfica ou do público alvo. Apesar dessa ênfase, há pouca informação sobre a natureza desse problema, bem como sobre os meios disponíveis para reverter tal quadro.

Diante disso, e sem a pretensão de esgotar o assunto, o presente capítulo trata de enfatizar a importância do gerenciamento para os negócios rurais, buscando deixar claro o significado de um gerenciamento efetivo, contrapondo-o com a realidade do setor rural brasileiro. Apresentam-se ainda algumas ferramentas de gestão desenvolvidas e disponibilizadas pela Embrapa Gado de Corte. Por fim, discute-se a questão gerencial no contexto das tomadas de decisão que envolvem genética e reprodução animal, com foco na pecuária de corte.

IMPORTÂNCIA CRESCENTE DO GERENCIAMENTO

Diante das profundas transformações socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas que vêm ocorrendo em todo o mundo, a produção agropecuária tornou-se um

negócio extremamente complexo e exigente em termos de habilidades gerenciais, visando um melhor desempenho.

Notadamente, as peculiaridades da atividade rural proporcionam aos gerentes um ambiente de decisão bastante complexo: forte influência de fatores físicos e biológicos; descompasso entre época de planejamento da produção e de comercialização; e mercado de competição perfeita (onde produtores são meros tomadores de preços), dentre outros. Desse modo, o risco e a incerteza inerentes ao negócio agropecuário, em geral, são maiores comparativamente a outros empreendimentos.

A “era da informação”, originada a partir dos avanços na área de comunicação e estimulada pela globalização, tornou a informação um insumo ainda mais importante para o processo gerencial, por vezes muito mais relevante para o sucesso do que os recursos tradicionais, como animais ou terra. Entretanto, maior capacitação gerencial e operacional é a contrapartida, pois são pessoas que transformam dados em informações qualificadas e, portanto, subsidiam o processo de decisão. Também são elas os agentes transformadores da realidade, capazes de tornarem efetivas as mudanças propostas.

É neste contexto que a habilidade gerencial torna-se o diferencial competitivo, capaz de ajustar o complexo negócio agrícola às constantes mudanças macro e microeconômicas que moldam o cenário do agronegócio.

O QUE SIGNIFICA GERENCIAR

Muito se fala de gestão e da importância do gerenciamento frente aos novos desafios. Mas será que o discurso é posto em prática? Será que os termos têm sido usados em uma abordagem adequada? De um modo geral pode-se afirmar que não. Muito do que é classificado como gerenciamento, de fato retrata técnicas adotadas pela empresa no âmbito da produção, sem que haja um comprometimento maior com as questões gerenciais propriamente ditas.

Então, afinal, o que é gestão, gerenciamento, administração? Do ponto de vista conceitual, estes termos podem ser vistos como sinônimos e, segundo o Dicionário Aurélio, referem-se a “um conjunto de princípios, normas e funções que têm por fim ordenar os fatores de produção e controlar a sua produtividade e eficiência, para se obter determinado resultado”.

Nesse contexto, a administração rural é a ciência que procura aplicar os conhecimentos administrativos em empresas agropecuárias, subsidiando o processo de tomada de decisão que visa alocar **eficientemente** recursos escassos para atingir os objetivos do empreendimento, considerando ainda os riscos e incertezas existentes.

Segundo Crepaldi (1993), “a gerência corresponde ao coração de todo o sistema produtivo”, ou seja, “tem sob si a responsabilidade do funcionamento de toda a máquina produtiva”. Para transformar o discurso em prática, no entanto, é preciso compreender o gerenciamento segundo sua natureza operacional, o que é possível graças às funções administrativas enunciadas por Fayol. Segundo este pensador, notoriamente sempre incluso na linha do tempo que descreve a história da Administração, as funções administrativas são quatro: planejamento, organização, direção e controle. A Figura 8.1, a seguir, expõe tais funções e seu relacionamento.

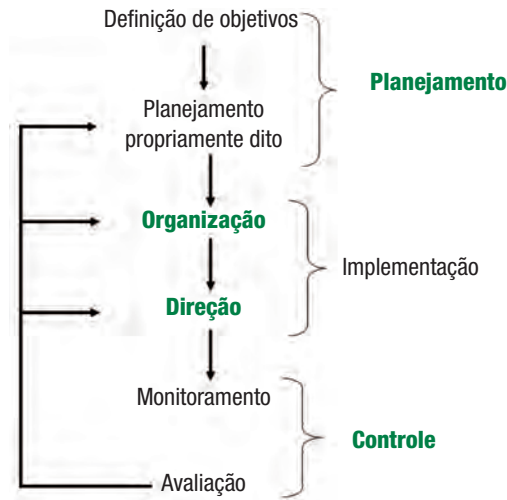


FIGURA 8.1. Funções administrativas e seu relacionamento.

Essas funções seguem um encadeamento lógico, mas sua prática pode se dar simultaneamente, uma vez que processos de retroalimentação estão presentes. Apesar disso, é natural que se comece pelo planejamento e se termine pelo controle, uma vez que o primeiro trata de definir aonde se quer chegar e os meios para tanto, enquanto o segundo permite verificar se o alvo foi atingido ou, em etapa intermediária, se o caminho está correto.

GERENCIAMENTO NA PRÁTICA

Apesar do reconhecimento generalizado da importância da informação no processo gerencial, sabe-se que um dos principais problemas das fazendas pecuárias brasileiras é o desconhecimento dos produtores sobre os índices zootécnicos mais elementares, como as taxas de natalidade e mortalidade do rebanho.

Menor ainda é o conhecimento sobre as interações destes com os demais índices, como por exemplo, a taxa de desfrute, e seus significados em termos de desempenho zootécnico e econômico da atividade. Em se tratando do desempenho financeiro e econômico, a situação fica mais séria, pois são raros os produtores que conhecem com profundidade seus custos de produção, suas margens e o retorno do capital investido na pecuária.

Pode-se afirmar que todo produtor, de um modo ou de outro, gerencia seu negócio. A grande diferença é nos meios utilizados para tal fim. A maioria usa a experiência e a intuição na tomada de decisão (método empírico), em um processo contínuo de tentativa e erro. Outros fazem uso de instrumentos básicos de gerência, como os cadernos de escrituração, as anotações de campo e, em nível rudimentar, avaliações de desempenho daí derivadas. Poucos são os que dispõem de instrumentos modernos de gestão, com operações automatizadas, software de controle de rebanho e de custos de produção, ou têm condições de terceirizar este serviço, contratando empresas de consultoria e asses-

soramento. Essa lacuna na gerência é reforçada pela pequena proporção de pecuaristas de corte que fazem uso da informática na fazenda. Segundo José (2004), resultados de pesquisa com 2.000 pecuaristas de corte em 11 estados brasileiros, demonstraram que apenas 12% deles utilizavam algum software para gerenciar o negócio. Apesar de esse número ser, certamente, maior nos dias atuais, ele ainda é limitado por várias questões, entre elas: falta de habilidades de parte dos produtores ou da mão-de-obra para lidar com essa tecnologia ou com os programas nela aportados; dificuldades em trabalhar com planilhas eletrônicas; problemas de infraestrutura tais como inexistência de rede elétrica na propriedade; e falta de acesso à internet, entre outros.

Diversos fatores podem ser apontados para explicar o aparente desinteresse dos produtores pela área gerencial:

- Caráter abstrato do processo administrativo, sendo difícil visualizar seus benefícios diretos;
- Preferência dos produtores por tarefas técnicas ligadas ao manejo dos animais, das pastagens etc.;
- Foco dos técnicos e consultores na questão produtiva, em detrimento dos aspectos econômicos, sociais e ambientais;
- Baixa escolaridade do produtor e de seus empregados;
- Baixa disponibilidade de ferramentas de apoio à gestão das fazendas;
- As ferramentas de gestão (ex. software) disponíveis são, frequentemente, pouco intuitivas e de difícil manuseio pelo usuário;
- Falta de programas públicos e privados de apoio à gestão dos estabelecimentos rurais.

IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E DO CONTROLE

Não existe gestão sem planejamento e controle. Partindo desse princípio, é essencial que o produtor faça o planejamento da atividade produtiva e controle os indicadores que o informarão sobre o atingimento de metas e subsidiarão decisões sobre a correção dos rumos, se necessária. Esses princípios devem ser aplicados na fazenda como um todo e também em áreas específicas, tais como a do melhoramento genético do rebanho.

No processo de planejamento global, a atenção está voltada a responder perguntas de amplo escopo, como por exemplo:

1. Quais são os objetivos e metas do produtor e do empreendimento?
2. Que recursos estão disponíveis (ou podem ser viabilizados) para que o plano seja executado?
3. Quais empreendimentos serão conduzidos (ex. engorda ou ciclo completo?) e que valores são esperados para os coeficientes técnicos?
4. Quais são as expectativas de margens dos empreendimentos?
5. Qual a estratégia a ser adotada para assegurar a execução do plano?

Após a implantação do plano e o início das atividades de produção, o produtor deve se atentar para o controle dos indicadores de interesse, estabelecidos conforme seus objetivos pessoais e empresariais, natureza da atividade (ex. cria ou ciclo completo) e nível de detalhamento pretendido.

Exemplos de indicadores de grande importância para a pecuária de corte são: idade ao primeiro parto; número de bezerras desmamadas (total e por área); peso à desmama (média total, por matriz e por touro); taxas de prenhez, natalidade, mortalidade, desmama e desfrute; taxa de lotação; arrobas produzidas (total e por área); ganho de peso (individual, por lote e médio); peso e idade ao abate, assim como rendimento de carcaça, entre outros. No caso de animais confinados, pode-se ainda controlar o consumo de alimentos, a conversão alimentar, os pesos ao início e final do confinamento e o ganho de peso médio diário. Têm-se, ainda, os indicadores financeiro-econômicos que são determinados por meio do controle das receitas e das despesas, incluindo amortização de dívidas, pagamento de juros, depreciações e imposto de renda.

O conjunto dos indicadores selecionados pelo produtor dá condições de analisar as diferenças entre o planejado e o realizado, permitindo corrigir os rumos, se necessário. Além disso, possibilita observar a evolução técnico-econômica da propriedade rural ao longo dos anos e, desse modo, aprimorar as habilidades gerenciais e a gestão da propriedade como um todo.

Com o intuito de dar suporte ao produtor rural nas áreas de planejamento e controle, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu ferramentas gerenciais, estando algumas delas descritas a seguir.

FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO

A pecuária de corte é uma atividade bastante complexa. Tem natureza multiperiódica, e no Brasil contempla basicamente três fases (cria, cria e engorda), exploradas isoladamente ou em combinação, e apresenta múltiplos produtos (diversas categorias de gado magro ou gordo).

Seus resultados estão condicionados por três grupos de variáveis: aquelas diretamente controláveis pelo produtor, dependentes de decisões objetivas como comprar ou vender gado; aquelas relativamente autônomas, sobre as quais o produtor pode intervir indiretamente, como as variáveis zootécnicas; e aquelas não controláveis (salvo situações que não são a regra), como o clima e os preços de insumos e produtos.

Esse conjunto de variáveis pode apresentar um grande número de combinações, afetando a evolução do rebanho, a dinâmica da pastagem, a interação entre esses dois componentes (pasto e gado) e os resultados físicos e econômicos da atividade. A complexidade resultante de tais combinações torna as tomadas de decisão bastante trabalhosas e imprecisas, principalmente quando processadas sem o uso da informática.

As ferramentas gerenciais de planejamento, portanto, têm por objetivo apoiar o produtor na tomada de decisão sobre atividades a desenvolver, ações ou tecnologias a serem introduzidas no sistema de produção e meios para minimizar riscos. Em geral, elas envolvem métodos de simulação, modelagem, análise de risco e de investimento, orçamentação etc. Nesse âmbito, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu o aplicativo Gerenpec, descrito a seguir.

Gerenpec

O Gerenpec é um aplicativo que simula o desenvolvimento de uma fazenda de pecuária de corte ao longo de dez anos, permitindo definir, prever e consolidar números referentes aos bovinos, às pastagens e ao sistema de produção como um todo.

Para os bovinos, tais números englobam o estoque e a variação de inventário, as compras e vendas, as perdas por morte, o desfrute, a taxa de abate etc. Para as pastagens, salienta-se a capacidade de suporte total, a taxa de lotação e o balanço entre oferta e demanda de forragem, entre outras. Já para o sistema de produção, os números relevantes são a produção de carne, a receita total, os gastos operacionais, a margem bruta e outros indicadores econômicos. Esses números, expressos ano a ano como uma sucessão de “fotografias”, constituem um importante subsídio para o planejamento das fazendas, permitindo responder várias questões que inquietam produtores e técnicos, por exemplo:

- “Se for mantida a atual estratégia de venda de gado, nada sendo feito com relação às pastagens, haverá forragem suficiente para abrigar o rebanho daqui a cinco anos?”;
- “Qual será o balanço entre oferta e demanda de forragem se determinadas áreas de pastagem forem reformadas nos próximos três anos?”;
- “Se 100 vacas de cria forem adquiridas no corrente ano, o que acontecerá com os números do rebanho no longo prazo? E se ao invés das vacas forem compradas bezerras desmamadas?”;
- “Se for reduzida a idade de abate dos bois, em quantas cabeças poderá ser aumentado o rebanho de vacas?”;
- “Se o sistema englobar apenas a fase de cria, quantas vacas poderão ser mantidas no rebanho, em comparação com a execução das três fases (cria, recria e engorda)?”;
- “Quais são os efeitos, sobre a evolução e a produção do rebanho e sobre as margens econômicas, de um aumento de cinco pontos percentuais na taxa de natalidade?”.

Evidentemente, a lista acima não é exaustiva. Muitas outras questões do tipo “se-então” poderiam ser formuladas, conforme as particularidades de cada empreendimento.

Além disso, é importante destacar que a planilha permite realizar análises de sensibilidade, explorando as alternativas de desenvolvimento do sistema de duas formas: simulando mudanças nas variáveis ao longo dos anos de uma projeção específica; ou simulando várias projeções (que podem ser “salvas” como arquivos distintos), atribuindo diferentes valores para as variáveis de interesse. O Gerenpec pode ser acessado e seu *download* realizado gratuitamente por meio da página da Embrapa Gado de Corte na internet (www.cnpqc.embrapa.br).

FERRAMENTAS PARA O CONTROLE

Na área de controle, as ferramentas disponíveis visam o registro de dados técnico-econômicos do sistema de produção, tanto para fins de auditoria (nos casos de rastreabilidade e certificação) quanto para a geração de informações qualificadas para a tomada de decisão gerencial.

O controle técnico consiste na anotação de dados relativos à produção, incluindo registros genealógicos, estoque de rebanho, ganho de peso, consumo de concentrados, uso de medicamentos, vacinação e outras práticas sanitárias, controle de máquinas, consu-

mo de combustíveis, esquemas de adubação/irrigação e uso de defensivos agrícolas, entre muitos outros. Na área de controle financeiro, o objetivo é registrar receitas, despesas e investimentos para o cálculo de margens econômicas e outros indicadores.

Os controles podem ser feitos por meio de anotação em cadernos, agendas e planilhas eletrônicas, ou ainda de softwares específicos para esse fim. A Embrapa Gado de Corte disponibiliza gratuitamente em sua página na internet (www.cnpqg.embrapa.br) algumas dessas ferramentas de controle gerencial como, por exemplo, fichas de controle zootécnico e o Controlpec, apresentado a seguir.

Controlpec

Existem no mercado alguns aplicativos voltados para a análise financeira das fazendas, mas estes geralmente exigem um nível de organização e de conhecimento de informática que a maioria dos produtores não possui. Neste sentido, Cezar et al. (2004) afirmam que “desenvolver e difundir ferramentas de gerência ajustadas às particularidades de cada segmento da produção animal, concedendo especial atenção às pequenas e médias empresas de base familiar, é o grande desafio dos profissionais de ciências agrárias”.

Em função disso, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu, em planilha eletrônica, um sistema simples para registro e sistematização de despesas, receitas e margens econômicas da atividade, que é o CONTROLPEC 1.0.

Tendo instalado o Controlpec no computador, o produtor precisará definir as contas de seu interesse, tanto para receitas quanto para despesas e investimentos. O detalhamento dessas contas depende do nível de controle pretendido para a análise financeira e econômica da atividade. Por exemplo, dentro do grupo “Despesas”, o produtor pode criar uma conta única para todos os produtos veterinários ou estabelecer contas separadas para cada tipo de produto veterinário, como vermífugos, vacinas, medicamentos etc. O mesmo vale para as receitas (e investimentos), com a opção de o pecuarista criar uma conta para venda de gado magro ou contas para diferentes categorias vendidas magras. Uma vez criadas as contas, o produtor deverá fazer o lançamento sistemático das ocorrências financeiras, registrando vendas, recursos advindos de financiamentos, despesas, investimentos etc.

A planilha então disponibilizará um quadro de síntese dos resultados com os valores mensais referentes a cada conta, dentro dos grupos (Receitas, Despesas e Investimentos). Por exemplo, no caso de despesas com combustível, o quadro mostrará, para cada mês, quanto o produtor gastou com esse item. Além disso, são apresentados o gasto total anual com o item e sua participação relativa no conjunto de todas as despesas. No exemplo do combustível, é indicado o gasto anual com esse item e quanto isso contribuiu percentualmente para as despesas totais do ano. O mesmo raciocínio e quadros equivalentes são disponibilizados para as contas que compõem as receitas e os investimentos.

Por fim, o Controlpec apresenta quadros de resultados consolidados, em que o produtor tem acesso a diversas margens econômicas, calculadas automaticamente pela planilha. A interpretação dessas margens traz informações relevantes sobre o desempenho financeiro da fazenda e retroalimenta o processo de planejamento, visto que desempenhos negativos podem requerer intervenção do produtor.

A GESTÃO E O MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

No Prefácio da obra de Weller (1994), este autor narra que, folheando meia dúzia de livros de economia agrícola disponíveis na biblioteca de sua universidade, nenhum menciona as áreas de genética ou melhoramento. Com raras exceções como o trabalho desse autor, é possível afirmar que o inverso também é verdadeiro, uma vez que as obras relacionadas com genética têm dado pouca atenção às questões econômicas. Apesar desse quadro, é crescente a preocupação dos melhoristas com tais questões, destacando-se o interesse por mensurar economicamente os benefícios de diferenças genéticas e programas de melhoramento. Portanto, vale destacar algumas diretrizes que, ordinariamente, deveriam nortear avaliações econômicas envolvendo as áreas de melhoramento e reprodução animal.

A primeira trata da necessidade de se realizar avaliações sob uma visão sistêmica, considerando o ambiente completo em que a tecnologia ou processo é empregado. Exemplificando, ao se comparar economicamente monta natural e inseminação artificial, não basta examinar o custo desses processos isoladamente, uma vez que os mesmos têm impacto no sistema de produção como um todo, afetando a composição e o quantitativo do rebanho. E é essa visão sistêmica que, em última instância, deve nortear o processo de tomada de decisão do produtor ou empreendedor.

Um segundo ponto a enfatizar é o caráter de longo prazo do melhoramento genético, e dos próprios sistemas de produção de gado de corte, particularmente quando incluem a fase de cria. Isso requer levar em conta a “preferência temporal pelo dinheiro”, de forma que valores monetários distribuídos ao longo do tempo (fluxo de caixa) precisam ser descontados para o tempo presente, para então serem adicionados. Sobre isso, há um farto arsenal de conceitos e métodos disponíveis em obras de Matemática Financeira, Análise de Investimentos e Engenharia Econômica, destacando-se o cálculo de parâmetros como o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), bastante usados no campo da Economia Rural.

FONTES DE REFERÊNCIA

- AMARAL, T.B.; COSTA, F.P.; CORRÊA, E.S. Touros melhoradores ou inseminação artificial? Um exercício de avaliação econômica por meio de simulação. In: CURSO DE ANDROLOGIA EM BOVINOS, 2005, Campo Grande, MS. Apostila didática. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005. p. 123-135.
- BLANK, L.T.; TARQUIN, A.J. Engenharia Econômica. São Paulo: Mcgraw-Hill, 2008. 780 p.
- CEZAR, I.M. A participatory knowledge information system for beef farmers – a case applied to the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. Edinburg: University of Edinburg, 1999. 324 f. Tese de Doutorado.
- CEZAR, I.M.; COSTA, F.P.; PEREIRA, M.A. Perspectivas de gestão em sistemas de produção animal: desafios a vencer diante dos novos paradigmas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBZ, 2004. p. 545-554.
- CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. São Paulo: Makron, 1998. 673 p.
- CORRÊA, E.S.; COSTA, F.P.; AMARAL, T.B.; CEZAR, I.M. Fichas de controle zootécnico de bovinos de corte. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. 30 p. (Documentos-Embrapa Gado de Corte, 132).
- COSTA, F.P.; CORRÊA, E.S. Controlpec 1.0: controle financeiro simplificado para a fazenda de pecuária de corte. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. 23 p. Acompanha 1 CD-ROM. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 162).

- COSTA, F.P.; CORRÊA, E.S.; FEIJÓ, G.L.D. Gerenpec: aplicativo para planejamento da fazenda de gado de corte. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2004. 33 p. Acompanha 1 CD-ROM. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 143).
- CREPALDI, S.A. Contabilidade Rural: Uma abordagem decisorial. Belo Horizonte: Atlas, 1993. 219 p.
- GUEDES, T.M.M. Planejamento anual da atividade pecuária de corte: cria, recria e engorda. Piracicaba: USP, 1989. 115p. Tese Mestrado.
- JOSÉ, M. Brasil ainda usa pouco a tecnologia. Pesquisa com pecuaristas de corte revela potencial. DBO março 2004, 23: 12.
- KAY, R.D.; EDWARDS, W.M.; DUFFY, P.A. Farm management. 6th.Ed.Singapore: McGraw-Hill.2008. 468 p.
- MELLO, H.C.; LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C. Registros e análises de informações para o gerenciamento eficiente de empresas rurais. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 36 p. (Documentos-Embrapa Soja, 220).
- PEREIRA, M. de A. Understanding technology adoption and non-adoption: a case study of innovative beef farmers from Mato Grosso do Sul State, Brazil. Lincoln: Lincoln University, 2011. 334p. Tese de doutorado.
- SILVA JUNIOR, A.G. Gerenciamento informatizado aplicado à pecuária de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1, 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1999. p. 271-278.
- VALE, S.M.L.R.; COSTA, F.A. da. Noções gerais de administração rural. Módulo 1. Curso de Administração Rural. Brasília: ABEAS, 1997. 36 p.
- WELLER, J.I. Economic aspects of animal breeding. London: Chapman & Hall, 1994. 244 p.



USO DA ULTRASSONOGRAFIA NA AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E DE QUALIDADE DA CARNE

Liliane Suguisawa
Bruna da Conceição de Matos
Jorge Murilo Suguisawa

INTRODUÇÃO

É notória a importância da pecuária de corte brasileira no cenário internacional, principalmente em termos quantitativos (volume exportado/produzido). Porém, a grande questão na atualidade não é só a quantidade do que se produz ou se exporta e, sim, qual o retorno econômico desta exportação/venda. Quanto, em valor, é agregado ao produto.

Nos últimos anos, a renda familiar apresentou expansão, seja em países desenvolvidos ou emergentes, em especial naqueles que compõem o grupo dos BRIC's. Nestas condições, maiores quantidades de proteína animal, especialmente, de carne bovina, passam a fazer parte da dieta básica da população. De modo geral, com melhor renda, o mercado consumidor passa a se interessar por alimentos de maior valor nutritivo, elevada qualidade sensorial e características nutraceuticas, ou seja, cuja composição bioquímica venha a ser benéfica para a saúde humana.

Esta mudança de paradigma no mercado internacional é patente, mantida a tendência de melhoria de renda. O mercado norte-americano já exige carcaças com elevados graus de maciez e marmorização, pagando bonificação por produtos com estas características.

O mercado europeu exige, principalmente, maciez, características nutracêuticas e ausência de determinados medicamentos e promotores de crescimento, sendo destaque entre os mercados que melhor remuneram, no mundo. Outros países apresentam exigências próprias, pagando preços diferenciados aos fornecedores que atendem as suas expectativas relacionadas ao sistema de produção, técnicas de abate e qualidade do produto final.

No cenário nacional, nichos de mercados como os de alta gastronomia, “steakhouses”, carnes magras/“lights” ou de sistemas de produção orgânica, dentre outros, vem crescendo sensivelmente. Além disto, também são observados lançamentos de carnes de marca e de origem registrada. Considerando-se a magnitude do mercado interno brasileiro, que consome cerca de 80% de toda a carne produzida no país, estas inovações mercadológicas são rapidamente percebidas pela população e apresentam potencial relevante de influência sobre a natureza e a rentabilidade dos sistemas de produção de gado de corte.

Frente às exigências por qualidade e às novas expectativas de mercado, as fazendas de seleção, especialmente aquelas assistidas por programas de melhoramento genético animal, têm buscado elevar os seus índices produtivos com base em ferramentas tecnológicas modernas e de alta precisão. Assim, além das informações de pedigree e de características relacionadas à reprodução, pesos corporais, taxas de crescimento e de biótipo, em termos de raça e funcionalidade, mais facilmente monitoradas em campo, os recursos da área de ultrassonografia vem facilitando aos criadores trabalhar em seus programas de melhoramento genético com outras importantes características relacionadas ao produto final.

CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE

Área de olho de lombo (AOL)

Caracteriza-se como a área do músculo *Longissimus dorsi*, medida em cm², entre a 12^a e 13^a costela. Apresenta elevada correlação com o peso e a porção comestível da carcaça. Do ponto de vista produtivo, pode-se afirmar que animais com valores de AOL superiores a 75 cm², ao abate, apresentam elevados rendimentos de cortes cárneos na indústria frigorífica (Hoge, D. 1982 APUD Luchiari Filho, 2000). Esta condição é facilmente observada na prática uma vez que linhagens e raças especializadas expressam altos valores de AOL, algumas vezes próximos ou até superiores a 100 cm², quando prontos para o abate. Apesar da maioria das pesquisas científicas demonstrarem valores de referência de AOL medidos nas carcaças, sabe-se que, com o avanço da tecnologia de ultrassonografia (Softwares Credenciados e Laboratório de Interpretação), as medidas de AOL e de EGS (espessura de gordura subcutânea) aferidas por ultrassonografia, normalmente feitas a idade de sobreano, apresentam alta correlação com as mesmas medidas ao abate, possibilitando a utilização das mesmas como critérios de seleção. Do ponto de vista genético, a AOL está intimamente relacionada ao potencial do animal para musculosidade, crescimento, ganho de peso e relação músculo/osso nos cortes de maior interesse econômico da carcaça. O uso desta característica fenotípica como indicativo do potencial genético do animal para produção de carne é possível devido aos valores de herdabilidade considerados de moderados a altos (BERTRAND et al., 2001).

Espessura de gordura subcutânea (EGS) e na picanha (RUMP)

A gordura subcutânea é indicativa do grau de acabamento da carcaça, sendo sua espessura (EGS) medida, em milímetros, a $\frac{3}{4}$ da distância medial do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12ª e 13ª costela. A gordura na picanha (RUMP) é uma medida complementar a EGS, indicada principalmente para situações em que os animais têm a deposição de gordura subcutânea comprometida, principalmente por nutrição inadequada, como pode ocorrer, por exemplo, com animais em sistemas extensivos de pastejo. Como o processo de deposição de gordura de acabamento inicia-se das extremidades para o centro do corpo, os valores de gordura encontrados na garupa e/ou picanha serão superiores e, consequentemente, minimizam possíveis erros de interpretação dado a baixa variação da medida.

Na indústria, o grau de acabamento da carcaça, expresso pela deposição de gordura, pode ser aferido no contra-filé (EGS). Esta gordura de cobertura é extremamente importante para a proteção da carcaça contra a rápida e intensa queda de temperatura nas câmaras frias, que pode provocar o endurecimento (perda em maciez de até 5 vezes) e o escurecimento da carne em carcaças pobres em acabamento.

Do ponto de vista de melhoramento genético, as características EGS e RUMP são importantes indicativos da precocidade sexual e de terminação, ou seja, animais que iniciam a deposição de gordura mais cedo tendem a ser mais precoces, sexualmente, e tendem a apresentar carcaças prontas para o abate em menores idades. Vale ressaltar ainda que EGS e RUMP são características antagônicas a musculosidade (AOL) e tamanho, ou seja, a seleção exclusiva para precocidade de terminação (EGS) implicará na produção de animais com alta deposição de gordura, mas com menores proporções de cortes cárneos na carcaça e menores pesos ao abate e a idade adulta. Estas respostas correlacionadas negativas não são interessantes principalmente para o mercado interno que remunera por quantidade de carne produzida. Assim como verificado para AOL, também EGS e RUMP apresentam potencial de melhoramento genético em função dos valores médios a elevados de herdabilidade que apresentam.

Marmoreio ou grau de gordura intramuscular

O marmoreio é definido como a quantidade de gordura intramuscular, associada à suculência e sabor da carne, sendo por isto uma característica de grande importância, especialmente para rebanhos produtores de carnes especiais, tendo em vista a busca do mercado consumidor por carne de melhor qualidade. A maior ou menor deposição deste tipo de gordura entremeada está ligada a diferentes fatores, sendo a genética do animal o de maior influência. No entanto, além das grandes variações entre raças, são também observadas variações entre indivíduos dentro de uma mesma raça. O marmoreio, avaliado por escores de 1 a 10, apresenta valores de médios a elevados para estimativas de herdabilidade, razão pela qual possuem potencial de resposta à seleção.

AVALIAÇÕES POR ULTRASSONOGRAFIA

Entre os recursos e metodologias existentes para avaliação de carcaças e de características associadas à qualidade da carne, a ultrassonografia se destaca, especialmente, por

possibilitar o exame *in vivo*, uma única vez na vida do animal, em tempo relativamente curto, com boa precisão a custos relativamente baixos. O objetivo é conhecer o potencial dos indivíduos e do rebanho como um todo, para musculosidade, precocidade de acabamento e qualidade da carne, por meio da expressão das características: área de olho-de-lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), espessura de gordura na picanha (RUMP) e grau de marmoreio (MAR).

O uso de fenótipos obtidos pela ultrassonografia proporciona, pelas avaliações genéticas, o conhecimento do potencial genético do rebanho para estas importantes características gerando subsídios tanto para a seleção como para o planejamento dos acasalamentos. Auxilia ainda na identificação dos melhores reprodutores e matrizes de forma que sejam mantidos no sistema apenas indivíduos que promovam ganhos genéticos, sendo os demais destinados a diferentes fins, de acordo com o seu potencial.

Em trabalhos de melhoramento animal, a seleção deve ser direcionada à produção de carne de forma mais eficiente, fazendo-se necessária a identificação de animais com alto potencial para musculosidade (AOL) e com acabamento precoce, medido por EGS e RUMP. A expressão adequada destas características permite maior rentabilidade ao produtor, uma vez que a produção em menor tempo garante maior eficiência econômica do sistema como um todo.

Na seleção, no entanto, ao ser considerado apenas a característica AOL, alguns cuidados se fazem necessário. O primeiro está relacionado à correlação negativa existente entre as medidas de musculosidade (AOL) com as de precocidade. Animais altamente musculosos são tardios, tanto em termos reprodutivos como de acabamento de carcaça. Além disso, em alguns casos, observam-se indivíduos e raças de elevados valores de AOL, porém com musculosidade inadequada na carcaça, ou seja, são animais cuja AOL está mais diretamente relacionada ao tamanho à maturidade (*frame-size*), apresentando, no entanto, carcaça descarnada, a exemplo do que ocorre com raças leiteiras de grande porte. Para fins de multiplicação genética, o uso de touros com essas características poderia interferir negativamente no sistema de produção de carne tanto no próprio rebanho ou em termos nacionais para toda uma raça, especialmente quando se refere à utilização de touros via inseminação artificial.

Uma alternativa à utilização das medidas de AOL em valores brutos, de forma a se evitar os riscos acima apontados, é o uso da relação largura x altura do contrafilé, conhecida por *RATIO*. Esta é uma medida associada ao formato do músculo, estando relacionada à produção de carcaças mais volumosas, ou seja, com musculatura mais convexa, sendo considerados adequados para seleção os animais com valores de *RATIO* superiores a 0,40 (KING 2006, comunicação pessoal). A medida AOL/100 kg, por outro lado, é utilizada para reduzir o efeito ambiental, quando se comparam animais de diferentes sistemas de alimentação e, também, para aferir o potencial do animal para rendimento de cortes cárneos. Valores superiores a 17 cm²/100 kg são considerados ideais. Todos os valores acima citados são referentes a animais ao sobreano, ou seja, com idade variando de 14 a 18 meses.

Atualmente, já existem nichos de mercado que pagam mais pelo quilograma de carne de animais jovens e de alta EGS, com maior garantia de maciez e palatabilidade da carne. Desta forma, o conhecimento do potencial do rebanho para características de carcaça e da carne avaliadas por ultrassonografia (AOL, EGS e RUMP), direcionadas a um objetivo de produção de ciclo rápido, pode promover maior lucratividade ao produtor, mesmo em sistemas de menor uso de insumos, como ocorre na criação exclusiva em pastagens.

Em rebanhos participantes de programas de melhoramento, as avaliações por ultrassonografia são mais frequentemente feitas ao sobreano, embora possam ser realizadas também à desmama. A vantagem, neste caso, seria a antecipação de tomadas de decisão, tendo em vista as elevadas correlações das medidas à desmama com as de sobreano. A desvantagem é de serem de menor magnitude as correlações genéticas entre características medidas à desmama e aquelas aferidas ao abate.

CONFIABILIDADE DOS DADOS COLETADOS

A importância dos dados ultrassonográficos para suporte de programas de melhoramento, a carência de técnicos especializados nesta área e a necessidade de formação de um fórum nacional para certificação da qualidade destas avaliações foram diagnosticadas e debatidas, pela primeira vez no Brasil, durante o *Workshop Internacional: Avanços em Avaliação Genética de Bovinos de Corte*, realizado na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, de 6 a 8 de julho de 2009. Este workshop contou com a participação atuante de especialistas e técnicos, brasileiros e estrangeiros, envolvidos com a ultrassonografia.

Como desdobramentos desta iniciativa e sob a liderança da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu- ABCZ foi fundada, na cidade de Uberaba, MG, em 2011, a Associação de Técnicos de Ultrassom do Brasil – ATUBRA, tendo sido realizada, nesta mesma oportunidade, a I Certificação de Técnicos de Campo e Laboratório para a prática de ultrassonografia de carça e qualidade da carne bovina. Neste primeiro ano, foram certificados 13 técnicos, tendo sido realizados outros três processos de certificação, o último deles em novembro de 2012.

A certificação adotada pela ATUBRA, reconhecida internacionalmente e com validade de dois anos, segue os mesmos princípios da *Ultrasound Guidelines Council (UGC)*, modelo este consolidado nos Estados Unidos (EUA) e utilizado por todas as associações de raça norte-americanas.

Neste sistema, somente o técnico de campo certificado pela UGC/ATUBRA, pode realizar a coleta das imagens de ultrassonografia de carça e qualidade da carne com o uso de softwares certificados (Figura 9.1). Após a coleta das medidas, o técnico de campo,



FIGURA 9.1. Softwares Certificados pela UGC/EUA.



FIGURA 9.2. Exemplo de esquema da Metodologia UGC/ATUBRA, tendo como exemplo o Programa Geneplus/Embrapa.

obrigatoriamente, tem que enviar as imagens de AOL, EGS, RUMP e MAR para serem interpretadas e avaliadas em laboratórios também credenciados pela UGC/ATUBRA. Somente depois de finalizada a avaliação no laboratório credenciado é que as informações serão destinadas aos criadores assistidos pelos programas de melhoramento animal (Figura 9.2). Todo este controle e cuidado do sistema UGC é para garantir que nenhuma informação comprometida possa vir a ser utilizada nos programas de melhoramento genético do rebanho nacional.

Atualmente o Brasil conta com aproximadamente 20 técnicos de campo e quatro laboratórios credenciados pela UGC/ATUBRA. Acredita-se que só nos programas de melhoramento genético envolvendo a raça Nelore tem-se potencial de avaliação de mais de 200 mil animais/ano, demandando-se para isto o trabalho de cerca de 150 Técnicos de Campo certificados.

MELHORAMENTO GENÉTICO DE CARACTERÍSTICAS AVALIADAS POR ULTRASSONOGRAFIA

Os animais devem ser avaliados, preferencialmente, ao sobreano, pois é esta a idade na qual ocorre o máximo da expressão do crescimento e desenvolvimento corporal, durante a fase probatória de coleta de dados, adotada pela maioria dos programas de melhoramento genético. As informações de ultrassonografia geradas nesta fase devem ser enviadas aos programas de melhoramento para a geração das DEP's – Diferença Esperada na Progenie, relativas a cada uma das características medidas e avaliadas.

Do ponto de vista prático, a aplicação da ultrassonografia para a geração de DEP's para características de carcaça é extremamente vantajosa, pois pode ser realizada diretamente no animal a ser selecionado (animal vivo), além de apresentar elevados valores de correlação com as mesmas medidas avaliadas após o abate (JORGE et al. 2004). No processo de avaliação genética, os dados de todo o rebanho são trabalhados conjuntamente, gerando as DEP's e assim possibilitando estimativas e ganhos genéticos em menor tempo, quando comparado ao teste de progênie convencional (WILLIAMS, 2002; SUGUISAWA et al., 2012). As estimativas de valor genético para medidas ultrassonográficas auxiliam na seleção de animais e/ou linhagens de maior potencial para produção de carne.

Um dos fatores mais determinantes da resposta à seleção é a herdabilidade da característica, razão pela qual este parâmetro é decisivo para o estabelecimento das estratégias de melhoramento a serem adotadas (LUCHIARI FILHO; MOURÃO, 2006). Embora na literatura ainda sejam observadas grandes variações nos valores de herdabilidade das ca-

Tabela 9.1. Herdabilidade de características de carça e carne avaliadas por ultrassom

AUTOR	AOL	EGS	MAR
Moser et al. 1998	0,29	0,11	-
Devitt; Wilton, 2001	0,48	0,52	0,23
Kemp et al, 2002	0,29	0,39	0,51
Crews, Jr.; Kemp, 2002	0,61	0,50	-
Stelzleniet al. 2002	0,31	0,26	0,16
Crews, Jr.; 2003	0,46	0,35	0,54

racterísticas medidas por ultrassonografia, principalmente devido às diferenças de metodologia de avaliação genética, além de outras de natureza amostral, os valores de herdabilidade vêm se mantendo equilibrados e acurados (Tabela 9.1). Isto tem sido possível principalmente após a consolidação do uso da sonda de 17,2 cm e frequência de 3,50 MHz, que permite a captação da imagem completa da AOL, e do início da captação e aferição dos valores por meio de softwares credenciados para coleta e interpretação de imagens, que minimizam erros durante a coleta e interpretação dos dados (Sistema UGC/EUA).

Estudo realizado pela Associação Americana de Angus (AAA, 2012) indica que após o início da utilização de dados de ultrassonografia para a geração de DEP's, em 1995, as tendências genéticas para medidas de interesse (AOL e MAR) foram mais expressivas, quando comparadas aos ganhos proporcionados pelo uso do teste de progênie convencional (Figuras 9.3, 9.4 e 9.5).

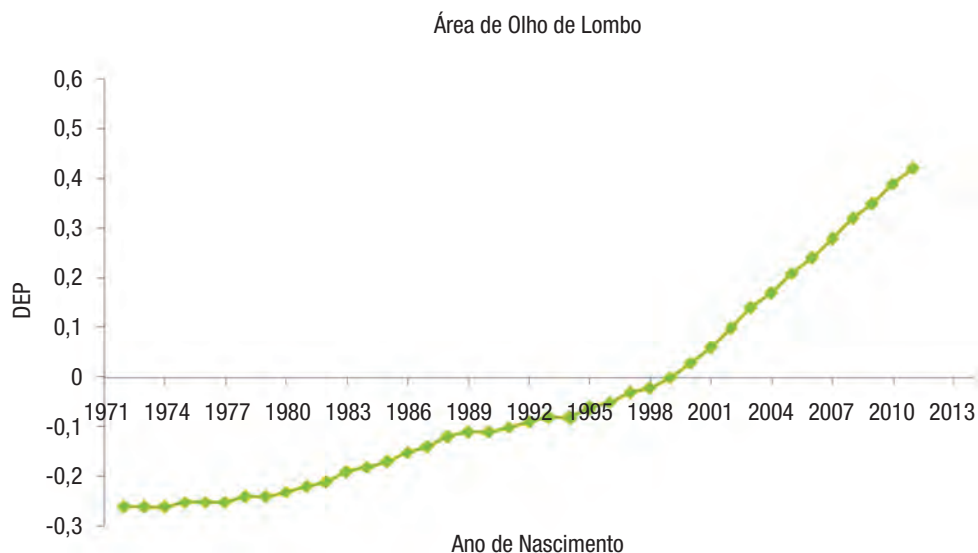


FIGURA 9.3. Tendência genética para área de olho de lombo (AOL) na raça Angus. Fonte: *American Angus Association* (2013)

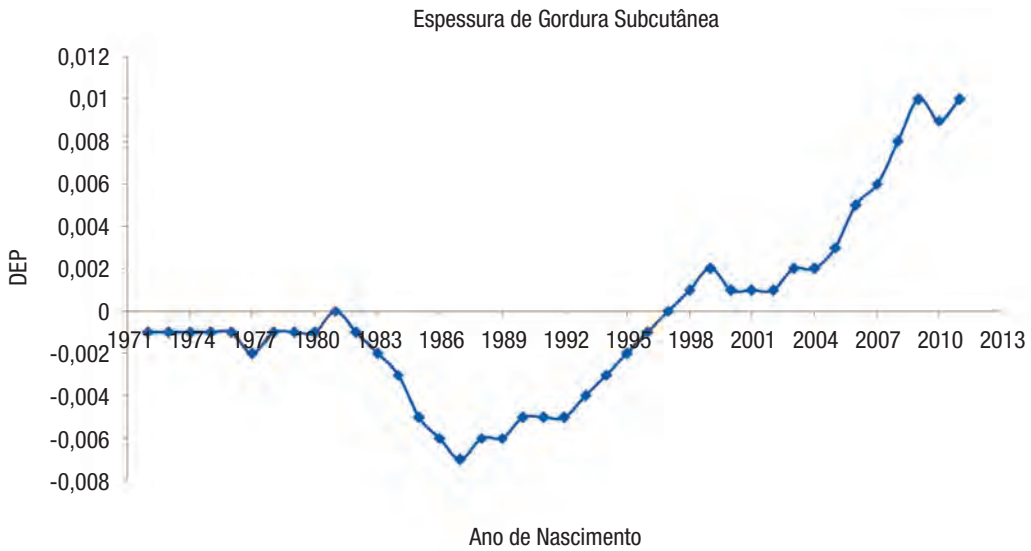


FIGURA 9.4. Tendência genética para espessura de gordura subcutânea (EGS) na raça Angus. Fonte: *American Angus Association* (2013)

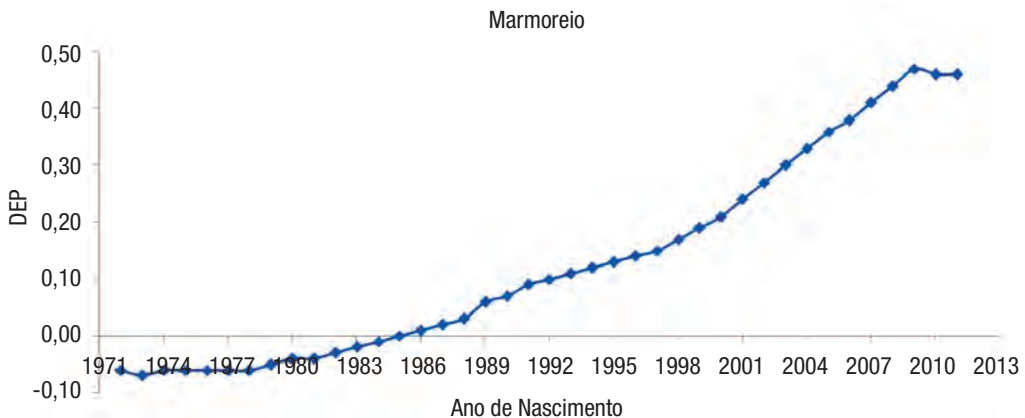


FIGURA 9.5. Tendência genética para marmoreio (MAR) na raça Angus. Fonte: *American Angus Association* (2013)

Resultado similar é apresentado pela Associação Americana de Simental (ASA, 2012). Neste trabalho, os autores observaram que, inicialmente, o processo de seleção para maior produção de carne e rendimento de carcaça implicava no descarte de animais com maior grau de marmorização o que, para o mercado norte-americano, é um importante fator de bonificação no preço da carcaça (Figura 9.6). Com o início de uso da ultrassonografia em 1995, para coleta de dados relacionados às características de carcaça, para estimar as DEPs, todos os índices relacionados à produção e rentabilidade foram melhorados.

Outro importante ponto a ser notado é a elevação dos ganhos genéticos para as características AOL, MAR e rendimento de carcaça, sem elevação dos valores de EGS. Isto

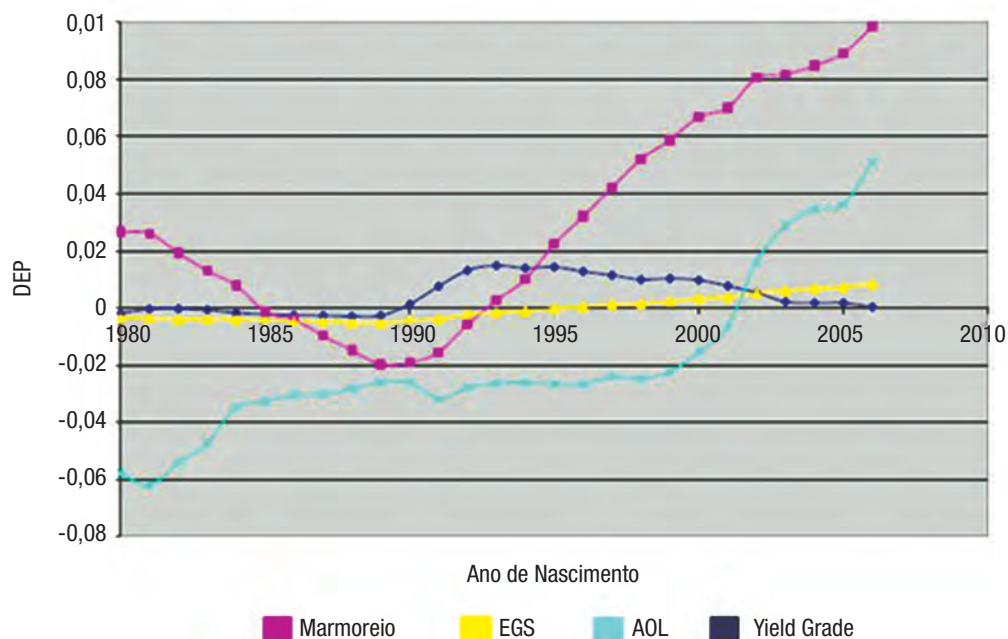


FIGURA 9.6. Tendência genética para características área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio e rendimento de carcaça (Yield Grade) na Raça Simental. Fonte: Mike Tess (2012).

prova que é possível a melhora quantitativa da carne com melhor rendimento de cortes cárneos, sem que haja necessariamente aumento na EGS e RUMP. SAAP et al. (2001) corroboram ainda a informação de que a seleção para MAR em rebanhos Angus pode ser realizada sem a necessidade de aumentos na EGS e RUMP ou AOL.

A literatura norte-americana apresenta inúmeros dados referentes à seleção de reprodutores com base em avaliações genéticas para rendimentos de cortes cárneos (Yield Grade) e grau de qualidade (Quality Grade), pois estas são as principais formas de pagamento e bonificação da carcaça nos Estados Unidos. Em estudo realizado em rebanhos Angus puros, provou-se que a seleção de touros ao sobreano com base em seus valores fenotípicos ou de DEPs de MAR proporciona resposta positiva, tanto se mensurados por ultrassonografia quanto avaliados pela carcaça (SAAP et al., 2001).

No Brasil, muitos programas de melhoramento genético já incorporam as medidas de ultrassonografia nos seus bancos de dados para a geração de DEP's, buscando maior lucratividade no elo final da cadeia produtiva. No entanto, a precisão das medidas ainda é baixa, devido principalmente ao baixo número de rebanhos avaliados e ao fato da avaliação ter sido padronizada com o uso de softwares credenciados muito recentemente, apenas a partir de 2011. O Programa GENEPLUS-EMBRAPA que viabilizou a vinda da DGT (Designer Genes Technologies) para o Brasil, desde de 2006 facilita aos seus parceiros a metodologia de UGC/EUA para recebimento dos seus dados via DGT Brasil.

Espera-se que para os próximos anos, com maior envolvimento dos Programas de Melhoramento Genético Animal e das Associações de Raça, a maioria dos rebanhos de

seleção brasileiros tenham incorporadas, em suas rotinas de coleta de dados, as medidas de avaliação de carcaça e de carne por ultrassonografia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos novos rumos da pecuária de corte nacional e internacional, as fazendas de seleção tem fundamental importância na produção de animais de excelência em características de crescimento e de produto final (carcaça e carne), além das características reprodutivas, de crescimento, raciais e de biotipo. É a partir destas populações que será disseminado o material genético para a produção de carcaça e da carne que o mercado exige. Sem uma base genética estruturada e competitiva, capaz de atender as demandas dos mercados mais exigentes, a pecuária brasileira terá dificuldades em se consolidar como grande produtora mundial de carne de qualidade.

Neste aspecto, a ultrassonografia, utilizada dentro dos parâmetros aqui apresentados, pode se consolidar como uma ferramenta efetiva e de rápido retorno na busca de linhagens com melhor rendimento de cortes cárneos, maior qualidade, em termos de suculência e sabor, e maior precocidade de acabamento, dentre outras características.

FONTES DE REFERÊNCIA

- American Angus Association, 2012. Angus Genetic Trends by Birth Date. In: <http://www.angus.org/Nce/GeneticTrends.aspx>. Accessed in Decembre, 5, 2012.
- American Simmental Association, 2012. Pure Breed Simmental Genetic Trends. In: https://herdbook.simmental.org/simmapp/action/pages.PagesAction/eventSubmit_displayPage/T/pageId/9/. Accessed in Decembre, 5, 2012
- AMIN, V. An introduction to principles of ultrasound. **Iowa State University. Study Guide**. 1995
- BERTRAND, J.K.; GREEN, R.D.; HERINGER, W.O.; MOSER, D.W. Genetic Evaluation for beef carcass traits. **Journal of Animal Science**. E-suppl 2001. v.79. E.190-E200.
- BISCEGLI, C. I. Conceitos da física do ultra-som . São Carlos, SP: **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, USP, 2004.
- CREWS Jr., D.H.; KEMP, R.A. Genetic Evaluation of carcass yield using ultrasound measures on young replacement beef cattle. **Journal of Animal Science**. 2002. v. 80. p.1809-1818.
- CREWS Jr., D.H.; POLLAK, E.J.; WEABER, R.L.; QUAAS, R.L.; LIPSEY, R.J. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. **Journal of Animal Science**. 2003. v. 81. p.11427-1433.
- DEVITT, C.J.B.; WILTON, J.W. Genetic correlation estimates between ultrasound measurements on yearling bulls and carcass measurements on finished steers. **Journal of Animal Science**. 2001. v. 79. p.2790-2797.
- JORGE, A.M.; CALIXTO, M.G.; CERVIERI, R.C.; ARRIGONI, M.B.; VARGAS, A.D.F.; CUCKI, T.; MILLEN, D.D. Correlações entre características de carcaça obtidas *in vivo* por ultrassonografia em tempo real e na carcaça *post mortem* em novilhos bubalinos mediterrâneos. **41ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Campo Grande, MS. 2004.
- KEMP, D.J.; HERRING, W.O.; KAISER, C.J. Genetic and environmental parameters for steers ultrasound and carcass traits. **Journal of Animal Science**. 2002. v. 80. p.1489-1496.
- LUCHIARI FILHO, A.; MOURÃO, G.B. Melhoramento, Raças e seus Cruzamentos na Pecuaria de Corte Brasileira. Pirassununga, 142p. 2006.
- MOOSER, D.W.; BERTRAND, J. K.; MISZTAL, J.; KRIESE, L.A.; BENYSHEK, L.L. Genetic parameters estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. **Journal of Animal Science**. 1998. v.76. p. 2542-2548.

- PERKINS, T.; ANDY MEADOWS, A; HAYS, B. Study Guide for the Ultrasonic Evaluation of Beef Cattle for Carcass Merit. **Ultrasound Guidelines Council Study Guide Sub-Committee**. 2002
- SAAP, R.; BERTRAND, J.K.; PRINGLE, T.D.; WILSON, D.E. Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. **Journal of Animal Science**. 2002. v.80, p.2017-2022.
- STELZLENI, A.M.; PERKINS, T.L.; BROWN Jr., H.A.; POHLMAN, F.W.; JOHNSON, Z.B.; SANDELIN, B.A. Genetic parameter estimates of yearling live animal ultrasonic measurements in Brangus cattle. **Journal of Animal Science**. 2002. v. 80. p.3150-3153.
- SUGUISAWA, L.; MATOS, B.C.; SUGUISAWA, J.M.; ZACARIAS, M.M. 2012. Rebanhos zebuinos com excelência em carça e qualidade da carne. *Revista Brasileira do Zebu e seus Cruzamentos, ABCZ*, no. 70. P. 32 a 35. Setembro-Outubro 2012.
- WILSON, D.E. Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle. **Iowa State University Real-time ultrasound Precertification Training Program**. 1994
- Williams, A.R. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. **Journal of Animal Science**. 2002. v.80, E183-188.



CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Leonardo Martín Nieto
Maurício Mello de Alencar
Antonio do Nascimento Rosa

INTRODUÇÃO

O melhoramento animal é uma atividade permanente que envolve os processos de criação (práticas de alimentação, manejo e sanidade), seleção e planos de acasalamento (com base na semelhança fenotípica e/ou genética) para a reprodução dos indivíduos selecionados. O objetivo básico é alterar continuamente as características dos animais produzidos nas gerações seguintes, em sintonia com o ambiente e o mercado. A gestão do negócio e a política de comercialização são práticas que permeiam todo o ciclo produtivo.

Nas etapas de criação, reprodução e gestão, o principal objetivo do criador é proporcionar condições ambientais e de manejo adequadas de modo que os animais possam expressar eficientemente o seu potencial genético. Estas atividades são de efeitos transitórios e, por isto, precisam ser repetidas, rotineiramente, ao longo do tempo, e consomem a maior parte dos recursos aplicados no sistema de produção.

A seleção, por outro lado, implica na escolha dos pais da geração seguinte e na determinação da intensidade de uso dos mesmos na reprodução. O objetivo, neste caso, é o aumento da frequência de alelos favoráveis à eficiência econômica do sistema de produção ou, em última instância, a mudança da constituição genética da população. Além de envolver menores custos em relação às demais etapas do ciclo de criação, a seleção apresenta a vantagem de proporcionar ganhos cumulativos, uma vez que a superioridade genética dos pais é repassada aos filhos, de geração a geração. No entanto, a seleção não

é uma prática simples, tendo em vista a complexidade do próprio organismo animal, do sistema de produção e do mercado a ser atendido.

OBJETIVOS E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

A primeira decisão a ser tomada pelo criador antes de iniciar um programa de melhoramento, é definir quais serão seus objetivos de seleção em médio e longo prazo e esta definição depende, basicamente, do sistema de produção e do mercado. Uma simples análise da situação atual do rebanho com relação aos níveis de produção ou de produtividade, aferidos até mesmo por uma única característica, pode ser um primeiro passo para a definição de um objetivo de seleção. Um objetivo de seleção mais amplo poderia ser construído por meio de uma avaliação envolvendo o sistema de produção como um todo, incluindo aspectos relacionados ao ambiente (clima, solo, topografia), manejo alimentar, reprodutivo e a infraestrutura disponível na fazenda.

A análise do mercado, por outro lado, deve ser feita, inicialmente, pela identificação dos clientes. Estes podem ser constituídos por rebanhos multiplicadores e comerciais, pela própria indústria frigorífica ou pela sociedade como um todo, representada pelos consumidores do produto final. Assim, ante a diversidade de clientes, vários objetivos de seleção poderiam ser estabelecidos como, por exemplo: produção eficiente de bezeros para sistemas extensivos de produção em ambiente tropical; produção de bezeros para sistemas de produção de ciclo curto, com terminação em confinamento; produção de animais para ciclo completo, de acabamento precoce, de elevado rendimento de carcaça e qualidade de carne em sistemas integrados de produção (pastagem, suplementação e confinamento); aumento da precocidade sexual e da eficiência reprodutiva; obtenção de animais com melhor eficiência na utilização dos alimentos; melhoria da maciez da carne.

Definidos os objetivos de seleção, o passo seguinte é eleger as características a partir das quais os indivíduos serão avaliados; ou seja: os critérios de seleção. O critério de seleção pode ser constituído por uma única característica ou por uma combinação ponderada de características. Tais ponderações, que resultam em um índice final de seleção, devem ser estabelecidas, preferencialmente, com base nos valores econômicos das características, de modo a representar a contribuição de cada uma delas para o retorno econômico da seleção.

É muito importante notar que, enquanto os objetivos de seleção envolvem aspectos econômicos, os critérios são de natureza biológica, mensuráveis quantitativa ou qualitativamente. De um modo geral, os critérios de seleção podem ser reunidos nos seguintes grupos: reprodução, produção, produto e biótipo.

Entre as características associadas à reprodução, podemos citar dentre outras, idade ao primeiro parto, dias para criar, período de gestação, idade à puberdade, perímetro escrotal e viabilidade (sobrevivência ou % de bezeros produzidos). Pesos corporais, taxas de crescimento (ganho de peso), altura (frame), eficiência alimentar e tamanho adulto são relacionados à produção, enquanto peso e qualidade da carcaça, conformação frigorífica, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e maciez de carne são associadas ao produto, ou mais especificamente, à qualidade do produto. As características de biótipo e outras de natureza morfológica e de comportamento, finalmente, envolvem

aspectos raciais, sexuais e de funcionalidade, incluindo aprumos, comprimento de pelos, cor da pele e da pelagem, velocidade de fuga etc.

Características de reprodução, consideradas conjuntamente às de viabilidade ou sobrevivência dos produtos, são determinantes do sucesso da criação em qualquer rebanho, seja comercial ou de seleção. Isto porque elevadas taxas de fertilidade e progênes saudáveis são condições essenciais para que o produtor possa ofertar ao mercado maior número de animais, proporcionando, cada vez mais, garantia de retorno dos investimentos em genética superior. Em plantéis puros, por outro lado, estas características proporcionam mais rigor e diferencial de seleção, pela maior oferta de animais produzidos, o que significa maior ganho genético anual.

As características de produção, pesos corporais e taxas de crescimento, de carcaça e de produto final, por sua vez, encontram-se relacionadas à produtividade e a qualidade do produto, contribuindo para maior remuneração na comercialização de animais e melhor relação custo/benefício do sistema de produção. Por outro lado, características de biótipo, relacionadas à adaptabilidade, são intimamente associadas aos custos de manutenção dos animais e, por conseguinte, aos custos do sistema de produção.

Com relação à taxa de resposta à seleção observa-se que, de um modo geral, características relacionadas ao produto e ao crescimento apresentam respostas mais rápidas à seleção que características de fertilidade. Isto não significa, simplesmente, que as características de reprodução não respondem à seleção. Respondem, sim, mas com taxas de respostas mais lentas, em razão de apresentarem valores de herdabilidade mais baixos. Assim, o melhoramento dos níveis de resposta à seleção para estas características é mais sensível, em curto prazo, às melhorias das condições ambientais de criação do que à seleção, propriamente dita. Neste aspecto, tratando-se não só de fertilidade como também de outras características, de um modo geral, com baixos valores de herdabilidade, a seleção pode ter a sua eficiência aumentada pelo uso de dados de parentes ou de famílias, ao invés de dados individuais, apenas, com aumento da acurácia dos valores genéticos.

O sucesso de qualquer sistema de produção de carne bovina depende, naturalmente, dos três fatores principais: eficiência reprodutiva, eficiência do ganho de peso e qualidade do produto. Naturalmente, além disto, os animais selecionados devem apresentar biótipo adequado e características de adaptabilidade e funcionalidade de acordo com as condições do sistema de produção, de modo a garantir adaptabilidade, fertilidade e viabilidade dos produtos nascidos, proporcionando maior produtividade e menores custos de produção.

Portanto, critérios de seleção que visem melhorar a eficiência econômica dos sistemas de produção de gado de corte devem levar em conta características compreendidas em todas estas classes. Serão apresentadas a seguir algumas características utilizadas como critérios de seleção, em maior ou menor intensidade, nos diferentes programas de melhoramento genético em andamento no Brasil.

CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

Como já informado, as características associadas à reprodução são de extrema importância para a rentabilidade da produção de bovinos de carne. Rebanhos detentores de alta fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como

para seleção, permitindo maior intensidade seletiva e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e maior lucratividade (Bergmann, 1993). Algumas das características reprodutivas utilizadas pelos diferentes programas de melhoramento no Brasil são apresentadas a seguir.

Nas fêmeas

Idade ao primeiro parto

A idade ao primeiro parto é uma característica de grande importância zootécnica, pois marca o início do processo reprodutivo das fêmeas. A redução da idade ao primeiro parto antecipa a idade produtiva, proporciona recuperação mais rápida do investimento, aumenta a vida útil, possibilita maior intensidade de seleção nas fêmeas e reduz o intervalo entre gerações (MATTOS e ROSA, 1984). A vantagem de se incluir esta característica nos programas de melhoramento está associada à facilidade de medição, bastando para isto o registro das datas de nascimento da vaca e de sua primeira parição.

A idade ao primeiro parto apresenta herdabilidade de baixa a média magnitude (0,01 a 0,46; GRESSLER et al., 1998; MERCADANTE et al., 2000; PEREIRA et al., 2000). No entanto, nesta distribuição, os valores baixos são os mais frequentes, indicando que a seleção não deve resultar em grandes progressos imediatos. Além disso, o monitoramento da idade ao primeiro parto apresenta alguns problemas, especialmente quando a entrada das matrizes na estação de monta é deliberadamente atrasada pelo criador. Outro aspecto importante é que na estimação dos componentes de variância para esta característica, só são utilizadas informações das matrizes que efetivamente pariram.

Intervalo entre partos

O intervalo entre partos corresponde ao período de tempo compreendido entre duas partições consecutivas e sua magnitude determina a eficiência reprodutiva da vaca bem como a produção total de crias durante sua vida útil. Recentemente, a adoção do intervalo entre partos como critério de seleção vem sendo questionada, principalmente quando é utilizada estação de monta de curta duração. Dessa forma, Bergmann (1993) comenta que a utilização do intervalo entre partos pode ser considerada tendenciosa. Dentre outras razões citadas por diferentes autores (BOURDON e BRINKS, 1983; LÔBO, 1996; e BERGMANN et al., 1998), observa-se que a expressão desta característica ocorre em animais que tiveram, pelo menos, dois partos durante a sua vida produtiva. Matrizes que parem no início da estação de nascimentos tendem a apresentar longo período pós-parto, antes da próxima estação de monta, sendo impossibilitadas de apresentar intervalo de partos inferiores a 365 dias. Por outro lado, matrizes que parem tardiamente na estação de nascimento terão um tempo de espera menor entre o parto e o início da estação de monta seguinte e, conseqüentemente, tem mais chances de apresentar intervalos entre partos maiores. Por estes motivos, o intervalo entre partos vem sendo substituído por outra característica *dias para parir* (número de dias do início da estação de monta até parto).

No entanto, tanto o intervalo entre partos (MERCADANTE et al., 2000; PEREIRA et al., 2000) quanto à variável *dias para parir* apresentam herdabilidade de baixa mag-

nitude, da ordem de 0,02 a 0,16 (PEREIRA et al., 2000; MERCADANTE, 2001). Mesmo assim, dias para parir é uma variável que permite identificar as matrizes que emprenham mais cedo, no início da estação de monta.

Duração da gestação

A duração da gestação, embora não seja propriamente uma medida de fertilidade, é estreitamente relacionada com o período reprodutivo. Geralmente bezerros provenientes de gestações mais curtas, embora com menores pesos ao nascer, podem possibilitar uma maior produção de kg de bezerro/hectare/ano, além de maior vida útil das mães (ROCHA et al., 2005). Embora apresente correlação positiva com peso ao nascer e negativa com facilidade de parto (SCARPATI, 1997), o período de gestação não é considerada uma característica economicamente importante quando avaliada isoladamente, mas sim como uma característica reprodutiva auxiliar no processo de seleção. Apresenta herdabilidade de baixa a alta magnitude (0,06 a 0,71; ROCHA, 1999; PEREIRA et al., 2000).

Habilidade de permanência no rebanho

Recentemente, a habilidade de permanência no rebanho (HPR) ou *stayability*, definida como a probabilidade de as fêmeas se encontrarem ativas, em fase reprodutiva a uma idade específica, dado que tiveram a oportunidade de alcançar esta idade (HUDSON & VLECK, 1981), tem recebido especial atenção por parte dos pesquisadores. Segundo Silva et al. (2003), a inclusão desta característica nos programas de melhoramento genético permitiria a seleção de reprodutores que produziriam filhas com maior probabilidade de permanecerem produtivas no rebanho por um período mais longo de tempo.

A herdabilidade da habilidade de permanência no rebanho é de baixa a média magnitude (SILVA et al., 2003, MARCONDES et al., 2005, NIETO et al., 2007). Segundo Silva et al. (2003), a utilização da HPR como critério de seleção dos animais que entraram em reprodução conduziria ao aumento no tempo médio de permanência no rebanho e diminuiria o número de novilhas para reposição. Por outro lado, este procedimento conduziria a um maior intervalo de gerações, com diminuição da resposta anual à seleção. Além disto, na seleção para HPR observa-se um agravante relacionado ao baixo uso de touros jovens. Estes, com menor número de filhas em reprodução, em determinada idade, apresentariam baixos valores de acurácia para esta característica, um desestímulo para sua utilização, com outro conseqüente agravo relacionado ao aumento do intervalo de geração.

Probabilidade de prenhez aos 14 meses de idade

Outra característica reprodutiva surgida recentemente e contemplada em alguns programas de avaliação genética no Brasil é a probabilidade de prenhez da novilha aos 14 meses de idade (PP14). É uma variável de fácil medição. As novilhas são colocadas em reprodução ainda jovens e recebem a nota um ou zero, se conceberem ou não.

Esta característica apresenta valores de herdabilidade de média a elevada magnitude (ELER et al., 2002, SILVA et al, 2003, MATTAR, et al., 2007), portanto, com elevado po-

tencial de resposta à seleção. No entanto, estando fortemente associada à precocidade reprodutiva, a probabilidade de prenhez aos 14 meses apresenta correlações negativas com tamanho adulto. Desta forma, uma resposta correlacionada indesejável, em longo prazo de seleção, poderia ser a diminuição do tamanho adulto dos animais, com consequente diminuição nos pesos de carcaça, levando em conta que a indústria frigorífica brasileira vem privilegiando pesos de carcaça de 17 a 19 arrobas.

Outro ponto que merece atenção com relação à adoção desta característica como critério de seleção, especialmente para raças zebuínas em sistemas mais extensivos de produção em meio ambiente tropical, é que, em muitas situações, dependendo da duração e época da estação de monta tradicional, outra estação de monta, conhecida por estação de outono, pode ser necessária para o acasalamento das novilhas, com os seus consequentes efeitos para sobre custos de produção, pela exigência de suplementação alimentação, e manejo geral do rebanho. Desta forma, são ainda necessários mais trabalhos de pesquisa para avaliação dos efeitos da concepção em idade jovem sobre os desempenhos reprodutivo e produtivo futuros das fêmeas, especialmente zebuínas, em diferentes sistemas de produção.

Nos machos

Perímetro escrotal

Uma das principais características associadas ao desempenho reprodutivo dos machos é o volume testicular, determinante da quantidade de sêmen que pode ser produzido pelo touro. Tendo em vista a dificuldade de se medir o volume dos testículos, utiliza-se, na prática, uma medida indicadora que é o perímetro escrotal, também chamada de circunferência escrotal, de certo modo equivocadamente, uma vez que o formato da bolsa escrotal não é perfeitamente circular. A seleção para perímetro escrotal não traz benefício direto em termos econômicos e nem para a fertilidade, a qual só pode ser aferida pelo exame andrológico completo. O objetivo da seleção para esta característica é obter animais mais precoces sexualmente. O perímetro escrotal apresenta correlação negativa e favorável com a idade ao primeiro parto de fêmeas (GRESSLER et al., 1998; PEREIRA et al., 2000) e correlação positiva e favorável com características de desempenho ponderal (CYRILLO et al., 2001; GARNERO et al., 2001) indicando que, além de responder à seleção, deve resultar em mudanças favoráveis nos pesos corporais e na precocidade sexual de machos e fêmeas.

A maioria das características ligadas à eficiência reprodutiva apresenta baixa herdabilidade, indicando progressos genéticos lentos. Apesar de o perímetro escrotal constituir um bom critério de seleção como característica indicadora de precocidade reprodutiva, assim como a probabilidade de prenhez aos 14 meses de idade medida nas fêmeas, ainda existe a necessidade de se identificar critérios de seleção que realmente possibilitem a identificação de machos e fêmeas mais férteis e mais precoces para os sistemas de produção brasileiros. Além disso, é necessário definir, para cada raça, o perímetro escrotal mínimo aceitável ou desejável de modo que a ênfase para a seleção direta para esta característica não venha a competir prejudicialmente com outros critérios de seleção.

CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

Como definido anteriormente, outra classe importante de características em bovinos de corte é aquela ligada à produção, que engloba as características de desempenho. Algumas delas são apresentadas e discutidas na a seguir.

Peso ao nascimento

A utilização do peso ao nascimento em programas de seleção é importante principalmente para raças europeias, com o objetivo de reduzir ou eliminar os problemas de dificuldade de parto, os chamados partos distócicos. Nas raças zebuínas, de um modo geral, com reprodução natural e mesmo inseminação artificial, o peso ao nascer não constitui uma preocupação relevante. Mesmo assim, aconselha-se o uso de touros com DEP de baixa magnitude ou até mesmo negativa, para peso ao nascer, evitando-se problemas futuros por ocasião do nascimento dos bezerros.

Para a raça Nelore, no Brasil, as estimativas de herdabilidade variam entre 0,26 e 0,33 (ALBUQUERQUE e MEYER, 2001; NOBRE et al., 2003 e DIAS et al., 2005) evidenciando a possibilidade de resposta à seleção.

Peso maternal e peso à desmama

Aferidos, em geral, dos três aos cinco e dos seis aos nove meses de idade, respectivamente, os pesos na fase maternal e à desmama apresentam importância por avaliar tanto a capacidade de crescimento do próprio indivíduo (efeito direto) como a habilidade da mãe (efeito materno) em proporcionar um ambiente materno adequado, pela produção de leite e cuidados dispensados à cria. Estas características apresentam correlações positivas com pesos às idades subsequentes. Para peso maternal as estimativas de herdabilidade direta (h^2_d) variam de 0,04 a 0,58, e da herdabilidade materna (h^2_m) de 0,02 a 0,18 (LIRIO, 2008). Para peso à desmama, a herdabilidade direta apresenta estimativas entre 0,02 e 0,68 e a materna valores de 0,01 a 0,39. As correlações entre estes pesos (maternal e a desmama) com o peso ao sobreano apresentam estimativas entre 0,44 e 0,90, respectivamente (LIRIO, 2008).

Peso ao sobreano

Avaliado em uma fase mais ampla da vida do animal, dos 13 aos 18 meses de idade, esta medida reflete a capacidade do próprio indivíduo em ganhar peso no período pós-desmama. Devido à sua ampla utilização como critério de seleção, especialmente por ser aferido em idade mais próxima da fase reprodutiva ou de abate, o peso ao sobreano tem sido amplamente avaliado pelos pesquisadores para obtenção de estimativas de parâmetros genéticos. Os valores de herdabilidade direta para esta característica estão dentro do intervalo de 0,08 a 0,76. Mesmo não sendo esperado efeito materno tão intenso como para a fase de aleitamento, observam-se na literatura valores de herdabilidade materna para peso ao sobreano da ordem de 0,01 a 0,30 (LIRIO, 2008). A seleção para maiores pesos ou ganhos de peso em idades jovens pode promover aumento do peso

adulto dos animais e, conseqüentemente, maiores custos de manutenção das matrizes, o que poderia diminuir as vantagens econômicas obtidas pelo aumento de peso dos animais ao abate (BULLOCK et al., 1993).

Algumas alternativas para o contorno desta complexa questão vêm sendo aplicadas, sem naturalmente se constituir em solução de caráter geral. Citam-se neste caso, os planos de acasalamento com uso de linhagens paternas e maternas complementares; escores relacionados à precocidade de acabamento, pela maior pontuação para animais equilibrados, especialmente com melhor proporção costado/membros e o próprio peso adulto, todos como mais uma opção de monitoramento, como ocorre no caso da facilidade de parto, pelo acompanhamento do peso ao nascer e a produtividade acumulada, aferida pela produção de kg de bezerro desmamado por vida útil, cujos maiores valores são obtidos por vacas de tamanho médio à maturidade (ROSA, 1999).

Alternativas mais complexas, embora possíveis de serem alcançadas, como a mudança na curva de crescimento pela aplicação de índices de seleção, ainda carecem de mais estudos até que venham a ser aplicadas com sucesso nos sistemas de produção.

Ganhos de peso pré e pós desmama

Segundo Bergman (2003), o cálculo dos ganhos de peso nas diferentes fases auxilia no processo seletivo dos animais e vem substituindo, em parte, a medida de peso, pois possibilitaria a escolha de animais mais precoces.

O ganho de peso pré-desmama é fortemente influenciado pela habilidade materna da vaca, enquanto o ganho de peso no período pós-desmama permite avaliar o potencial genético do próprio indivíduo, visto que esse potencial sofre menos o efeito materno. São características de herdabilidade baixa a média, variando de 0,13 a 0,33, (LÔBO et al., 2000). Segundo Eler e Ferraz (1998), as correlações genéticas entre o ganho de peso da desmama ao sobreano, ajustado para 365 dias, e o peso aos 205 dias e aos 550 dias de idade são na ordem de a 0,16 e 0,62.

Peso adulto

O peso adulto, característica de herdabilidade média (0,26 a 0,42; BARBOSA, 1991; SILVA et al., 2000; ROSA et al., 2001) é também utilizado para monitorar o tamanho dos animais, visando evitar animais excessivamente grandes, o que poderia comprometer o desempenho produtivo do rebanho, inclusive com a produção de animais mais tardios, além de aumentar seus custos de manutenção.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO PRODUTO

Embora ainda não estejam sendo utilizadas como critérios de seleção, diretamente ou em índices de seleção, algumas características associadas à qualidade do produto vêm merecendo a atenção dos programas de melhoramento, especialmente aquelas que podem ser monitoradas por exames de ultrassonografia.

Área de olho de lombo (AOL)

A área de olho de lombo medida por ultrassonografia, a partir de imagem da seção vertical do músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 12ª e 13ª costelas, expressa em centímetros quadrados, apresenta herdabilidade de valores de médios a altos e correlações favoráveis com o grau de musculosidade do animal, de um modo geral em toda a carcaça, taxas de crescimento e rendimento da carcaça (BERTRAND et al., 2001).

Espessura de gordura subcutânea (EGS)

A espessura de gordura subcutânea (EGS), medida por ultrassonografia na mesma região utilizada para aferição da AOL, expressa em milímetros, indica o grau de acabamento da carcaça. Apresenta valores de herdabilidade de médios a altos, além de correlações favoráveis com a precocidade sexual e de acabamento da carcaça, sendo negativamente correlacionada com o tamanho à maturidade (BERTRAND et al., 2001).

Marmoreio

O marmoreio é definido pela gordura entremeada no músculo, aferida por ultrassonografia, na mesma região utilizada para mensuração da AOL. Apresentando elevados valores de herdabilidade, o marmoreio pode se converter em um critério de seleção interessante para melhoria da qualidade do produto, em função de sua associação com a suculência e sabor da carne (BERTRAND et al., 2001).

Maciez de carne

Dentre os fatores organolépticos associados à qualidade da carne, a maciez é dos mais importantes, sendo determinante da aprovação do consumidor ao produto. Existem processos eletroquímicos e mecânicos que podem induzir ou preservar a maciez da carne, embora não estejam sendo utilizados em larga escala em função, principalmente, da implicação em aumento dos custos operacionais da indústria. Por outro lado, variações de origem genética associadas à atividade da calpastatina, característica que, dentre outras, está ligada à maciez da carne, poderão ser utilizadas após serem vencidas dificuldades relacionadas à obtenção dessas informações.

Trabalhos desenvolvidos pela Rede BifeQuali, em Campo Grande, MS e em São Carlos, SP (<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/bifequali>), tem apresentado resultados promissores quanto a marcadores moleculares para esta característica, desenvolvidos a partir população experimental constituída por famílias da raça Nelore, formadas especialmente para esta finalidade (ROSA, 2012).

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS OU DE BIÓTIPO AVALIADAS POR ESCORES VISUAIS

Na última década, algumas características morfológicas foram incluídas em programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil com o objetivo de melhorar

características de carcaça e de acabamento. Dentre elas, podem ser citadas: altura do animal, CPM (acrônimo para conformação, precocidade e musculatura) e conformação frigorífica (CF). A altura do animal, normalmente medida na garupa, apresenta herdabilidade de magnitude média a alta (0,27 a 0,69; CYRILLO et al., 2001; MERCADANTE, 2001), quando medida em diferentes idades. As medidas de CPM, normalmente tomadas à desmama e ao sobreano, apresentam herdabilidade de baixa a média magnitude (0,09 a 0,34; ELER et al., 1996; CARDOSO et al., 1998; KOURY FILHO, 2001). A conformação frigorífica, por outro lado, apresenta herdabilidade de 0,13 a 0,25, quando medida em diferentes idades (BARICHELLO et al., 2010; WENCESLAU et al., 2012). Desta forma, podem ser verificadas respostas à seleção para estas características.

OUTRAS CARACTERÍSTICAS

Resistência a parasitas

Parte das diferenças observadas entre indivíduos para resistência a parasitas externos (carrapato, mosca-dos-chifres e berne) e internos (helmintos) é de origem genética, razão pela qual é possível identificar animais geneticamente superiores nas populações para esta característica. O estabelecimento de critérios de seleção para aumento da resistência a parasitas em ambiente tropical é um desafio para os selecionadores, principalmente para aqueles que trabalham com raças taurinas e/ou compostas (taurinas x taurinas ou taurinas x zebuínas), uma vez que as raças zebuínas puras são, naturalmente, mais tolerantes.

Em virtude dos baixos valores de herdabilidade e da complexidade das mensurações de campo, para aplicação prática como critérios de seleção tradicional, respostas mais consistentes para o progresso desta característica vêm sendo esperadas pelo uso de marcadores moleculares, em desenvolvimento pela pesquisa.

Temperamento

O temperamento é característica importante, já que raças tidas como bravias aumentam os custos de produção, com o aumento dos gastos com mão de obra, manutenção de benfeitorias e tempo de realização das práticas de manejo. Além destas desvantagens, raças com este tipo de índole geralmente produzem um produto de qualidade inferior, por causa do estresse pelo qual passam os animais. Não é simples medir o “temperamento” de bovinos de corte, pois esta característica compreende um conjunto de comportamentos que muitas vezes são difíceis de serem diferenciados. Assim, é importante encontrar uma maneira consistente, eficiente, segura e de fácil aplicação para incluir esse tipo de característica nos programas de avaliação de bovinos de corte.

As estimativas de herdabilidade para temperamento em bovinos, geralmente, são de baixas a moderadas (BURROW e CORBET, 2000; PRAYAGA et al., 2009). Desta forma, é possível modificar as populações pela aplicação de seleção genética para esta característica.

Eficiência alimentar

Esta característica apresenta relação estreita com os custos de produção. Assim, além dos pesos corporais e das características de crescimento, o ideal é que a eficiência alimentar seja também avaliada, pelo monitoramento do consumo de alimentos. Em regime de pastagens, essa tarefa ainda é difícil de ser feita. Em confinamentos, no entanto, a disponibilidade de uso de cochos com sistemas automatizados de alimentação podem facilitar este trabalho. Melhoras nos índices de eficiência implicam em redução nos custos de produção com um conseqüente aumento do balanço econômico do sistema de produção como um todo. Trabalhos desenvolvidos pela Embrapa em suas Unidades de São Carlos, SP e Campo Grande, MS, no âmbito da Rede BifeQuali (<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/bifequali>), para análise de marcadores moleculares para maciez de carne e eficiência alimentar na raça Nelore, indicam que animais mais eficientes apresentam consumo, no mínimo, 12% menor que os ineficientes, com grande impacto sobre a eficiência econômica da engorda. Além disto, o valor de herdabilidade encontrado para eficiência alimentar, da ordem de 0,31, indica possibilidade de resposta à seleção para esta característica. No entanto, correlações negativas entre eficiência alimentar e deposição de gordura na carcaça indicam a necessidade de monitoramento do ponto de abate dos animais e estudo de alternativas para a adequação desta relação, quer pelo uso dos recursos da genética e/ou nutrição animal (SOUZA, 2012; ROSA, 2013).

Produtividade

Outro grupo de características é formado por aquelas que procuram combinar crescimento e eficiência produtiva e reprodutiva. Assim, a característica Produtividade Acumulada (PAC) indica a produtividade da fêmea, em quilogramas de bezerros desmamados por ano, durante toda a permanência da vaca no rebanho. A PAC expressa a capacidade da fêmea de reproduzir regularmente, com menor idade, e de desmamar o maior peso de bezerros ao longo de sua vida produtiva (LÔBO et al., 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a evolução dos mercados, dos sistemas de produção e dos hábitos dos consumidores, de um modo geral, a busca por critérios de seleção alternativos aos convencionais constitui uma tarefa permanente na área de melhoramento animal. No entanto, para que a eficiência dos sistemas de produção seja consistentemente melhorada e a bovinocultura se torne um negócio cada vez mais competitivo, é imprescindível que estes novos critérios sejam avaliados frente às demais características ligadas à eficiência econômica de todo o sistema de produção.

Além disto, antes de serem postos em prática, é necessário que os novos critérios de seleção sejam avaliados não apenas do ponto de vista biológico, mas também estatístico e genético, de modo que os parâmetros gerados possam garantir, efetivamente, uma mudança confiável da constituição genética da população.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ALBUQUERQUE, L.G.; MEYER, K. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.118, p.83-92, 2001
- BARBOSA, R.T. 1987. Comportamento Sexual, Biometria Testicular, Aspectos do Sêmen e Níveis Plasmáticos de Testosterona em Touros Canchim e Nelore. *Esc. Vet. da UFMG*, 132p. (Tese, Mestrado).
- BARBOSA, P.F. *Análise genético-quantitativa de características de crescimento e reprodutivas em fêmeas da raça Canchim*. Tese de Doutorado. Ribeirão Preto, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1991, 237p.
- BARICHELLO, F.; ALENCAR, M.M.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. et al. Herdabilidade e correlações quanto a peso, perímetro escrotal e escores visuais à desmama, em bovinos Canchim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.563-570, 2010.
- BERGMANN, J.A.G. Melhoramento genético da eficiência reprodutiva em bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 10, 1993, Belo Horizonte, Suplemento. Belo Horizonte: CBRA, 1993. p.70-86.
- BERGMANN, J.A.G.; GRESSLER, S.L.; PEREIRA, C.S.; PENNA, V.M.; PEREIRA, J.C.C. Avaliação de fatores genéticos e de ambiente sobre deferentes características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore em regime de estação de monta restrita. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia*, v.50, n.5, p.633-645, 1998.
- BERGMANN, J.A.G. Objetivos e Critérios de Seleção. In: WORKSHOP SELEÇÃO EM BOVINOS DE CORTE, S., 2003, Salvador. Anais... Ribeirão Preto: ANCP, 2003. CDROM.
- BERTRAND, J.K.; GREEN, R.D.; HERINGER, W.O.; MOSER, D.W. Genetic Evaluation for beef carcass traits. *Journal of Animal Science*. E-suppl 2001. v.79. E.190-E200.
- BULLOCK, K.D.; BERTRAND, J.K.; BENYSHERK, L.L. Genetic and environmental parameters for mature weight and other growth measures in Polled Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, v.71, n.7, p.1737-1741, 1993.
- BURROW, H.M.; CORBET, N.J. Genetic and environmental factors affecting temperament of zebu and zebu-derived beef cattle grazed at pasture in the tropics. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 51, p.155-162, 2000.
- CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. Parâmetros genéticos para escores de avaliação visual à desmama em bovinos da raça Santa Gertrudis. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. v. 3, p. 506-508.
- CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M.; DIAS, L.T.; ALBUQUERQUE, L.G.; TONHATI, H. et al. Estimação de parâmetros genéticos para peso em diferentes idades para animais da raça Tabapuã. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.1914-1919, 2005.
- DUARTE, F.A.M. *Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore, através de cinco modelos estocásticos*. Tese de Livre Docência. Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, USP, 1975.
- ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Estimação simultânea de parâmetros genéticos para características de importância econômica na raça Nelore, com a utilização de modelos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBZ, 1996. v. 1, p. 99-101.
- ELER, J.P.; SILVA II, J.A.V.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; OLIVEIRA, H.N.; EVANS, J.L.; GOLDEN, B.L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. *Journal of Animal Science*, v.80, n.4, p.951-954, 2002.
- ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Composto tropical: cruzamentos e seleção baseados na avaliação genética. (comunicação pessoal, 1998).
- ELIAS, A.M. *Análise de curva de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir*. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1998. 128p.
- GARNERO, A. del V.; LÓBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.714-718, 2001.
- GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PENNA, V.M. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, Anais... Botucatu: SBZ, 1998, p. 368-370.

- KOURY FILHO, W. Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com desempenho ponderal na raça Nelore. Dissertação de Mestrado. Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2001, 82p.
- LIRA, T.; ROSA, E.M.; GARNERO, A.D.V. parâmetros genéticos de características produtivas e reprodutivas em zebuínos de corte (revisão). *Ciência Animal Brasileira*, v.9, p.1-22, 2008.
- LÔBO, D.B. Programa de melhoramento genético da raça Nelore. USP. Ribeirão Preto. 1996.
- LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. *Animal Breeding Abstracts*, v.68, n.6, p.433-462, 2000.
- LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; MAGNABOSCO, C.U.; REYES, A. de los; BERGMANN, J.A.G. Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes. Ribeirão Preto, GEMAC – Departamento de Genética – FMRP – USP, 2001, 60p.
- MARCONDES, C.R. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. Belo Horizonte MG, Brasil, UFMG - Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 93 p. (Dissertação, Mestrado).
- MARCONDES, C.R.; PANETO, J.C.C.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estudo de definição alternativa da probabilidade de permanência no rebanho para a raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.1563-1567, 2005.
- MATTAR, M.; MEIRELLES, S.L.; OLIVEIRA, J.A.; ESPASANDIN, A.C.; QUEIROZ, S.A. Fatores genéticos e ambientais sobre a probabilidade de prenhez precoce em bovinos Caracu. *Ciência Rural*. v.37, n.5, p. 1405-1410. 2007.
- MATTOS, S.; ROSA, A.N. Desempenho reprodutivo de fêmeas de raças zebuínas. *Informe Agropecuário* v.10, n. 112, p. 29-33, 1984.
- MERCADANTE, M.E.Z. Análise de um experimento de seleção para crescimento em bovinos Nelore: respostas diretas no peso ao sobreano e correlacionadas no tamanho e reprodução das matrizes. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001, 106p.
- MERCADANTE, M.E.Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.56-65, 2001.
- MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.
- NIETO, L.M.; SILVA, L.O.C. da; MARCONDES, C.R.; ROSA, A.N.; MARTINS, E.N.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. (2007). Herdabilidade da habilidade de permanência no rebanho em fêmeas de bovinos da raça Canchim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.10, p.1407-1411, 2007.
- NOBRE, P.R.C.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S. et al. Analyses of growth curves of Nellore cattle by multiple-trait and random regression models. *Journal of Animal Science*, v.81, p.918-926, 2003.
- OLIVEIRA, H.N. *Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá*. Tese de Doutorado. Ribeirão Preto, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1995. 73p.
- PRAYAGA, K.C.; CORBET, N.J.; JOHNSTON, D.J. Genetics of adaptive traits in heifers and their relationship to growth, pubertal and carcass traits in two tropical beef cattle genotypes. *Animal Production Science*, v. 49, p. 413-425, 2009.
- PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p. 1676-1683, 2000.
- ROCHA, J.C.M.C. Componentes de variância para o período de gestação de bovinos de corte. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1999, 58p.
- ROCHA, J.C.M.C.; TONHATI, H.; ALENCAR, M.M.; LOBO, R.B. Genetic parameters estimates for gestation length in beef cattle. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia*, v.57, n.6, p. 784-791, 2005.
- ROSA, A.N.; SILVA, M. de A.; MILAGRES, J.C.; GOMES, F.R. Mudança da curva de crescimento de animais da raça Nelore mediante o uso de índices de seleção. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 610-21, 1979.
- ROSA, A.N. Variabilidade fenotípica e genética do peso adulto e da produtividade acumulada de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1999, 120p.

- ROSA, A.N.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N.; BEZERRA, L.A.F.; BORJAS, A.R. Peso adulto de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, 30(3):1027-1036, 2001.
- ROSA, A.N. Genética quantitativa e molecular de características de qualidade da carne e de eficiência alimentar na raça Nelore. Campo Grande, MS. Comunicação Pessoal, 2013.
- SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; BARBOSA, R.T.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOVAES, A.P.; TULLIO, R.R.; CORRÊA, L.A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. *R. Bras. Zootec.*, 29(6), Suplemento 2:2223-2230, 2000.
- SILVA, J.A.II V.; VAN MELLIS, M.H.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.5, p.1141-1146, 2003.
- SILVA, J.A.I.V.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; GOLDEN, B.L.; OLIVEIRA, H.N. Heritability estimate for stayability in Nelore cows. *Livestock Production Science*, v.79, p.97-101, 2003.
- SOUZA, A.R.D.L. Relações entre eficiência alimentar, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore confinados. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- SOUZA, J.C. *Avaliação de parâmetro genético e ambientais e estimativas do peso aos 24 meses de bovinos de corte, usando curvas de crescimento*. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1992. 93p.
- WENCESLAU, R.R.; FELIPE, V.P.S.; VALENTE, B.D.; ROSA, A.N.; NOBRE, P.R.C.; NIETO, L.M.; SILVA, M.A. Estimativas de componentes de (co)variância para peso e escores visuais de conformação frigorífica em bovinos Nelore. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia*, v.64, n.2, p. 2012.

DEFINIÇÃO DE PESOS ECONÔMICOS E DE ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Urbano Gomes Pinto de Abreu
Marcos Mitsuo Sonohata
Paulo Sávio Lopes

INTRODUÇÃO

A definição do objetivo de seleção constitui um passo fundamental no desenvolvimento de um programa de seleção, ao descrever a expectativa do que deve ser melhorado no rebanho (HAZEL, 1943). Em geral, estes objetivos incluem variáveis econômicas tradicionais, mas também podem incluir aspectos funcionais, que embora não impliquem em aumentos diretos na quantidade de produtos, podem favorecer a diminuição dos custos de produção.

Objetivos de seleção bem definidos permitem a identificação do conjunto de caracteres que constituem os critérios de seleção e que, de forma geral, auxiliam na predição das características que afetam a lucratividade. Portanto, as características utilizadas como critérios de seleção devem ser medidas no animal e ou nos seus parentes, enquanto as características incluídas nos objetivos são um fim. Os critérios de seleção são os meios usados para atingi-lo.

As características incluídas nos objetivos de seleção correspondem ao objetivo final do melhoramento genético animal, ou seja, no sucesso obtido com o lucro em função do aumento do desempenho produtivo das características selecionadas. A inclusão de

determinada característica como critério de seleção deve ser realizada considerando a contribuição relativa do melhoramento da característica para o aumento no lucro.

No Brasil existem vários programas de melhoramento que realizam avaliações genéticas periódicas sendo inegável a qualidade das análises estatísticas realizadas. Entretanto, são poucos os estudos que propõem os objetivos de seleção visando maximização da lucratividade do produtor comercial. O passo inicial em um programa de melhoramento animal é a definição de objetivos de seleção estreitamente relacionados às funções econômicas, já que com objetivos de seleção bem definidos, torna-se possível avaliar com maior precisão os pesos econômicos associados a cada componente da resposta e, assim, escolher quais características serão incluídas nos programas de avaliação genética.

O desenvolvimento dos objetivos de seleção é feito de acordo com as seguintes fases:

1. Especificação do sistema reprodutivo, produtivo e de mercado;
2. Identificação das fontes de rendimentos e despesas no rebanho comercial;
3. Determinação das principais características biológicas que influenciam os rendimentos e despesas;
4. Definição de valores econômicos apropriados para todas as características utilizadas como componente dos objetivos de seleção e
5. Especificação dos critérios de seleção a serem utilizados com base na sua facilidade de medição, levando em consideração os recursos estruturais disponíveis, assim como os parâmetros genéticos dos caracteres adotados.

O mercado constitui um passo fundamental no estabelecimento de um objetivo de seleção, pois as características a serem selecionadas dependem do produto a ser comercializado. Com isso, o conjunto de informações referentes a custos, receitas e dados de produção tende a ser o mais completo possível, além de ser condizente com a rotina e as particularidades de cada propriedade. Da mesma forma, as fontes de rendimentos e despesas, bem como as características biológicas que possam influenciar o lucro da atividade, necessitam ser identificadas.

ÍNDICE DE SELEÇÃO EM BOVINOS DE CORTE

O papel de destaque do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil pode, hoje, ser corroborado pelo grande número de programas de avaliação genética aplicados a diversos rebanhos, com conseqüente reconhecimento e valorização dos animais portadores de estimativas de diferenças esperadas na progênie (DEPs). A importância dessas informações é grande, pois as estimativas de valores genéticos de cada animal, expressas na forma de DEP para cada característica de interesse, podem ser usadas como uma ferramenta importante na predição do desempenho futuro dos descendentes. Entretanto, o melhoramento genético de bovinos de corte não constitui apenas uma tecnologia destinada a produzir DEPs, mas de, igualmente, fornecer subsídios para que os produtores possam aplicar esse conjunto de informações genéticas.

O principal desafio dos programas de avaliação genética de bovinos de corte é a integração das DEPs com a tecnologia de seleção para múltiplas características (índices de seleção), envolvendo peso econômico de cada característica. Com DEPs para caracterís-

ticas economicamente relevantes disponíveis, o desenvolvimento dos índices de seleção (I) se torna substancialmente simplificado, como pode ser observado na equação (11.1).

$$I = a_1 DEP_{1+} + a_2 DEP_2 + \dots + a_n DEP_n \quad \text{Equação (11.1)}$$

Em que,

a = valor econômico da característica;

DEP = informação genética da característica.

Importante ressaltar que, na ausência das $DEPs$ das características economicamente relevantes, o uso do índice de seleção deve ser desenvolvido por características indicadoras, as quais devem apresentar elevada correlação e variabilidade genética.

Dessa forma, deriva-se um índice de seleção (I) que contenha dados de características geneticamente avaliadas ou indicadoras (X) como pode ser observado na equação (11.2).

$$I = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n \quad \text{Equação (11.2)}$$

Em que,

b = fator de ponderação;

x = dados fenotípicos da característica de critério de seleção.

O fator de ponderação (b) é definido a partir da equação (3).

$$b = P^{-1}Ga \quad \text{Equação (11.3)}$$

Em que,

P = matriz das (co)variâncias fenotípicas dos critérios de seleção;

G = matriz das (co)variâncias genéticas entre os critérios de seleção incluídos no objetivo de seleção;

a = valor econômico da característica.

DEFINIÇÃO DE VALORES ECONÔMICOS

Em um sistema de produção de bovinos de corte, os valores econômicos se referem ao valor, em termos monetários, independente do aumento no desempenho de uma característica, sendo o lucro esperado para cada unidade de melhoramento genético de uma característica. Em outras palavras, os valores econômicos podem ser definidos como a mudança no lucro anual de um sistema de produção decorrente do aumento em uma unidade de uma característica.

Os valores econômicos são necessários para garantir que a ênfase de seleção seja proporcional à importância econômica de cada uma das características em um objetivo de seleção. Entretanto, embora os modelos para estimação de valores econômicos possam representar um conjunto de propriedades, os resultados obtidos são específicos para cada sistema de produção.

O valor econômico das características pode diferir de acordo com as circunstâncias de produção. Algumas dessas são as circunstâncias naturais, sociais e econômicas, o sistema de produção, os requerimentos de mercado e o atual nível médio de produtividade do rebanho. Para que sejam aplicados ou desenvolvidos os métodos para estimação de valores econômicos, as fontes de rendimentos e despesas necessitam ser identificadas, assim como as características biológicas que possam influenciar no lucro da atividade.

ESTIMAÇÃO DE VALORES ECONÔMICOS

A identificação das origens das receitas e das despesas permite o desenvolvimento da equação de lucro, ou método de quantificação de lucro, em que o lucro (L) é uma função das receitas (R) e dos custos (C). O método de quantificação de lucro (L) é definido a partir da equação (11.4).

$$L = R - C \quad \text{Equação (11.4)}$$

Em que,

L = lucro (receita líquida);

R = receita por unidade de produção, e;

C = custo por unidade de produção.

No entanto, as equações de lucro podem apresentar variações em função de sua complexidade. Dessa forma, uma alternativa para as equações de lucro, é a utilização de um modelo bioeconômico para estimação de valores econômicos, que inclui como principal vantagem a precisão das informações em função de uma série de parâmetros físicos, biológicos e econômicos, representando o sistema de produção mais próximo do real e o conjunto de operações e particularidades ligadas a uma propriedade específica.

MODELO BIOECONÔMICO

A metodologia de modelos bioeconômicos caracteriza-se por uma programação matemática composta por um conjunto de equações de lucro que proporciona uma completa descrição dos fenômenos biológicos e econômicos existentes entre as características e o cenário produtivo do sistema analisado. O modelo bioeconômico, como um conjunto de análises entre aspectos econômicos e produtivos, relaciona custos, receitas, dados biológicos e a caracterização dos recursos físicos e de manejo de propriedades reais ou simuladas.

Na literatura internacional encontram-se informações sugerindo o emprego de modelos bioeconômicos como suporte para definição de objetivos de seleção em bovinos de corte (AMER *et al.*, 1994; PHOCAS *et al.*, 1998; HIROOKA *et al.*, 1998; TESS & KOLSTAD, 2000; WOLFOVÁ *et al.* 2005a, 2005b; WOLF *et al.*, 2008; ABY *et al.*, 2012).

No Brasil, informações envolvendo avaliações com modelos bioeconômicos em trabalhos de melhoramento de bovinos de corte são raras. Porém, os poucos estudos conduzidos no país utilizando algumas características de interesse produtivo e reprodutivo de bovinos de corte demonstraram resultados positivos, indicando grande impacto sobre a rentabilidade do sistema produção.

A inclusão de características de produção e reprodução em objetivos de seleção foi vantajosa evidenciando a importância de sua utilização na elaboração de índices de seleção em bovinos de corte. O modelo bioeconômico apresenta como principal vantagem a precisão das informações, pois inclui detalhes biológicos e representa o sistema de produção mais próximo do real, assim como o conjunto de operações e as particularidades relacionadas especificamente a uma determinada propriedade. Neste sentido, se as relações das informações de ponderação econômica para cada característica biológica esti-

verem corretas e precisas, a resposta do lucro por unidade de mudança genética (ganho genético) de cada característica poderá ser mais facilmente respondida. É importante destacar a importância da confiabilidade das informações, pois os modelos bioeconômicos descritos na literatura internacional desenvolvidos com a finalidade de representar o desempenho produtivo, bem como suas receitas e custos, em um sistema de produção de bovinos de corte, são complexos e, em grande parte, dependentes da disponibilidade e do detalhamento de informações. Caso contrário, os resultados derivados a partir do modelo podem se tornar de valor duvidoso e não condizentes com a real representação do sistema de produção.

Por outro lado, uma desvantagem do Modelo Bioeconômico é a quantidade de informações requeridas para ambiente físico, manejo, dados produtivos e econômicos, que podem não estar disponíveis ou ser difíceis de serem obtidos dos produtores comerciais. As simulações envolvendo componentes biológicos e econômicos constituíram grande potencial com respeito à tecnologia de seleção, minimizando riscos e erros e maximizando lucros para múltiplas características.

Os valores econômicos são específicos para cada contexto de produção e de mercado. Assim, não é possível comparar resultados de valores econômicos de uma mesma característica obtidos em regiões ou países diferentes. Neste sentido, pode se tratar de uma técnica que permite a produtores comerciais de bovinos de corte especificar práticas de manejo, ambientes e mercados, com vantagem de auxiliar em decisões de gestão administrativa e relacionadas à seleção genética animal.

Em termos de valores genéticos econômicos utilizando somente características relacionadas à lucratividade do sistema, ou seja, economicamente relevantes, o Modelo Bioeconômico pode ser utilizado como ferramenta para uso nos programas e avaliação genética, bem como para análise econômica administrativa das fazendas que realizam sistemas de produção de bovinos de corte, reais ou simuladas.

Em um sistema de produção de bovinos de corte, o Modelo Bioeconômico pode ser empregado pelo produtor comercial como uma técnica para auxílio ao alcance do objetivo de seleção, pela obtenção de valores econômicos que podem ser utilizados na construção de índices de seleção. Exemplo atual e significativo, neste caso, é o trabalho realizado na Austrália, pela Universidade da Nova Inglaterra (UNE) em parceria com associações de criadores de diferentes raças tendo como base o Programa *BreedObject* (<http://www.breedobject.com/>).

Nesse contexto, em meio a uma economia globalizada e competitiva, a expectativa é que essa realidade mude no curto ou médio prazo, por meio da utilização de estudos econômicos melhor elaborados, devendo essa área sofrer grande impulso, uma vez que se tornam nítidas as necessidades de incrementar os baixos índices de produtividade e de melhorar a qualidade genética dos rebanhos especializados em bovinocultura de corte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de índices de seleção para os principais sistemas de produção no Brasil é processo a ser desenvolvido por equipe multidisciplinar com diferentes formações, desde economistas até geneticistas das áreas quantitativa e molecular, que deverão

trabalhar de maneira interativa e integrada, além da necessidade de se contar com a participação da iniciativa privada, especialmente associações de criadores e indústria de transformação. O grande avanço das técnicas moleculares, com a expectativa da seleção poder ser auxiliada por marcadores moleculares, poderá aperfeiçoar o processo.

Por outro lado, as mudanças climáticas poderão se tornar um fator complicador tanto para aspectos da construção dos índices de seleção, como do manejo dos bovinos. Os sistemas de produção que mitigarem as emissões dos gases de efeito estufa deverão ser privilegiados nas relações comerciais. Portanto, em médio prazo, aspectos de emissão de gases, especialmente metano, deverão ser incluídos nos objetivos de seleção, o que poderá demandar a valoração da emissão dos gases no âmbito dos sistemas de produção e, conseqüentemente, e as estimativas de pesos econômicos da característica. Este poderá se constituir em grande desafio para todos os elos da cadeia produtiva da pecuária de corte com muitos aspectos, provavelmente, conflitantes.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ABY, B.A.; AASS, L.; SEHESTED, E.; VANGEN, O. A bio-economic model for calculating economic values of traits for intensive and extensive beef cattle breeds. **Livestock Science**, v.143, n.2, p.259-269, 2012.
- AMER, P.R.; KEMP, R.A.; BUCHANAN-SMITH, J.C. et al. A bio-economic model for comparing beef cattle genotypes at their optimal economic slaughter end point. **Journal of Animal Science**, v.72, n.1, p.38-50, 1994.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, n.6, p.476-490, 1943.
- HIROOKA, H.; GROEN A.F.; HILLERS J. Developing breeding objectives for beef cattle production. 1. A bio-economic simulation model. **Journal of Animal Science**, v.66, n.3, p.607-621, 1998.
- PHOCAS, F.; BLOCH, C.; CHAPELLE, P.; BÉCHEREL, F.; RENAND, G.; MÉNISSIER, F. Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. **Livestock Production Science**, v. 57, n. 1, p. 49 – 65, 1998.
- TESS, M.W.; KOLSTAD, B.W. Simulation of cow-calf production systems in a range environment: I. Model development. **Journal of Animal Science**, v.78, n.5, p.1159-1169, 2000.
- WOLF, J.; WOLFOVÁ, M.; KRUPA, E.; PESKOVICOVA, D. ECOWEIGHT 2.0 – C Programs for modeling the economic efficiency of production systems in beef and dairy cattle. **Archives Tierärztliche Dummerstorf**, v.51, n.4, p.397-401, 2008.
- WOLFOVÁ, M.; WOLF, J.; PRIBYL, J.; ZAHŘÁDKOVÁ, R.; KICA, J. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. **Livestock Production Science**, v. 95, n.3, p. 201-215, 2005a.

AVALIAÇÃO GENÉTICA: DOS DADOS ÀS DEP'S

Elias Nunes Martins

INTRODUÇÃO

A avaliação genética visa a identificação dos indivíduos geneticamente superiores de tal sorte que, usados na reprodução, leguem aos seus descendentes sua superioridade, alterando dessa forma a média da população. Sob esta definição o indivíduo é visto como um veículo de genes que devem se expressar na geração subsequente.

O recurso disponível para a execução da avaliação genética é a observação das características economicamente importantes. O texto que segue tem por objetivo apresentar, com o auxílio de um exemplo simulado, os procedimentos envolvidos no processamento dos dados até a obtenção das predições das diferenças esperadas nas progênes (DEP's).

DESCRIÇÃO DA OBSERVAÇÃO

O primeiro passo para a utilização racional das observações das características economicamente importantes é o estabelecimento de um modelo que explique, convenientemente, a estrutura dos dados observados.

Tem sido admitido que o modelo adequado seja linear, de maneira que a observação é definida como o somatório de vários efeitos classificados como ambientais e genéticos. Contudo, nem todo efeito ambiental é identificável, por não ter origem conhecida e, assim, um modelo possível é:

$$y_{ij} = f_i + g_{ij} + E_{ij},$$

em que

y_{ij} é a observação referente ao indivíduo j criado no ambiente i ;

f_i é o conjunto de efeitos identificáveis do ambiente i ;

g_{ij} é o conjunto de efeitos genéticos no indivíduo j criado no ambiente i ;

E_{ij} é o conjunto de efeitos ambientais não identificáveis no indivíduo j criado no ambiente i .

Naturalmente, entre os efeitos genéticos o particular interesse reside naqueles aditivos porque são eles os determinantes dos valores genéticos dos indivíduos. Então o modelo pode ser reescrito como:

$$y_{ij} = f_i + a_{ij} + d_{ij} + E_{ij},$$

em que

a_{ij} é o valor genético do indivíduo j criado no ambiente i ;

d_{ij} é o conjunto de efeitos genéticos não-aditivos no indivíduo j criado no ambiente i .

De acordo com esse modelo a_{ij} , d_{ij} e E_{ij} não são estimáveis visto que estão confundidos por estarem associados exclusivamente à observação y_{ij} . Por outro lado, f_i é estimável se d_{ij} , d_{ij} e E_{ij} têm esperança nula. Esta pressuposição é coerente com a premissa de que não ocorre mudança na estrutura genética da população se os indivíduos que se acasalam são uma amostra aleatória, desconsiderando-se a existência de mutações, migrações e erros de amostragem.

UMA FORMA DE ELIMINAR OS EFEITOS AMBIENTAIS IDENTIFICÁVEIS

Usando esse conceito pode-se redefinir o modelo inicialmente proposto da seguinte forma:

$$y_{ij} = f_i + \varepsilon_{ij},$$

em que $\varepsilon_{ij} = a_{ij} + d_{ij} + E_{ij}$, com média dada por

$$E(\varepsilon_{ij}) = 0 \text{ e variância dada por } E(\varepsilon_{ij}^2) = \sigma_\varepsilon^2.$$

Um conveniente estimador para f_i pode ser obtido de forma que $E(\varepsilon_{ij}^2)$ seja mínima, como segue.

Na forma matricial o modelo é escrito como:

$$y = X\beta + \varepsilon,$$

em que

y é o vetor de observações;

X é a matriz de incidência dos efeitos fixos de ambiente;

β é o vetor de efeitos fixos de ambiente a serem estimados;

ε é o vetor de resíduos.

Minimizar $E(\varepsilon_{ij}^2)$ equivale a minimizar $E(\varepsilon'\varepsilon)$, então,

$$\begin{aligned} E(\varepsilon'\varepsilon) &= E[(y - X\beta)'(y - X\beta)] \\ &= E(y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta) \end{aligned}$$

Pode ser observado que $E(\varepsilon'\varepsilon)$ é uma função quadrática de β , o vetor de efeitos fixos de ambiente a serem estimados. Assim, a derivada dessa função, em relação a β , quando nula permite a estimação desejada:

$$\begin{aligned}\delta[E(\varepsilon'\varepsilon)]/\delta\beta' &= \delta[E(y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta)]/\delta\beta' \\ &= -2X'y + 2X'X\beta \\ -X'y + X'X\beta &= 0 \\ X'X\beta &= X'y.\end{aligned}$$

Considerando que sejam feitas adequadas restrições se $X'X$ não tem posto completo, então:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y.$$

Uma vez estimados os efeitos fixos de ambiente as observações podem ser corrigidas por $y - X\hat{\beta}$.

Para ilustrar a estimação de efeitos fixos de ambiente e o ajustamento dos dados considere-se o conjunto de informações simuladas de ganho de peso da desmama ao sobreano em gado Nelore apresentado na Tabela 12.1.

Além do ganho de peso, são fornecidas também informações sobre a genealogia, sexo do animal, ano de nascimento e rebanho em que o animal foi criado. Essas informações permitem formular o seguinte modelo para os ganhos de peso observados.

$$y_{ij} = \mu + gc_i + \varepsilon_{ij},$$

em que

y_{ij} é a observação de ganho de peso referente ao indivíduo j pertencente ao grupo contemporâneo i ;

gc_i é o efeito de ambiente no grupo contemporâneo i ;

ε_{ij} é o resíduo no ganho de peso do indivíduo j pertencente ao grupo contemporâneo i .

Os grupos contemporâneos foram formados por animais do mesmo sexo, nascidos num mesmo ano e no mesmo rebanho, como mostrado na Tabela 12.2. Deve-se ter em mente que o conjunto de dados aqui apresentado tem apenas a finalidade de ilustrar procedimentos de avaliação genética. Assim, é certo que aparecem situações por vezes muito distantes do que acontece nas aplicações práticas. Assim, a formação de grupos contemporâneos com número muito reduzido de animais como ocorre no exemplo não devem ser utilizados em situações reais.

O processo de estimação dos efeitos de ambiente nos grupos contemporâneos, por meio do Método de Quadrados Mínimos produz as estimativas apresentadas na Tabela 12.3.

Uma vez obtidas as estimativas dos efeitos de ambiente de cada grupo contemporâneo, o ajustamento dos dados é feito subtraindo-se de cada observação a estimativa de efeito de ambiente correspondente ao grupo contemporâneo onde ela foi produzida, como pode ser visto na Tabela 12.4.

TABELA 12.1. Dados Simulados de Ganho de Peso da Desmama ao Sobreano

ANIMAL	PAI	MÃE	SEXO	ANO	REBANHO	GANHO
1	-	-	1	82	1	-
2	-	-	1	82	2	-
3	-	-	1	82	3	-
4	-	-	2	80	1	-
5	-	-	2	80	2	-
6	-	-	2	81	2	-
7	-	-	2	81	3	-
8	-	-	2	80	1	-
9	-	-	2	81	2	-
10	-	-	2	81	3	-
11	-	-	2	80	1	-
12	-	-	2	80	2	-
13	-	-	2	81	2	-
14	-	-	2	81	3	-
15	-	-	2	81	3	-
16	1	4	2	84	1	53,64
17	1	5	1	84	2	72,40
18	1	6	2	84	2	67,65
19	1	7	1	84	3	74,65
20	2	8	2	84	1	77,02
21	2	9	1	84	2	95,65
22	2	10	1	84	3	90,40
23	3	11	2	84	1	73,65
24	3	12	2	84	2	72,15
25	3	13	1	84	2	79,90
26	3	14	1	84	3	101,65
27	3	15	1	84	3	99,40
28	17	24	1	87	2	84,77
29	17	41	1	87	3	81,77

TABELA 12.1. Dados Simulados de Ganho de Peso da Desmama ao Sobreano (cont.)

ANIMAL	PAI	MÃE	SEXO	ANO	REBANHO	GANHO
30	22	23	1	87	1	88,52
31	22	16	2	87	1	68,40
32	22	42	2	87	2	56,77
33	22	43	2	87	2	88,27
34	26	18	1	87	2	92,65
35	26	20	1	87	1	95,84
36	26	44	1	87	3	123,40
37	26	45	2	87	3	90,90
38	26	46	2	87	3	81,90
39	27	47	1	87	1	46,90
40	27	48	2	87	1	63,90

TABELA 12.2. Formação dos Grupos Contemporâneos (GC) para os Animais com Dados Observados de Ganho de Peso da Desmama ao Sobreano

ANIMAL	SEXO	ANO	REBANHO	GANHO	GC
17	1	84	2	72,40	1
21	1	84	2	95,65	1
25	1	84	2	79,90	1
26	1	84	3	101,65	2
22	1	84	3	90,40	2
19	1	84	3	74,65	2
27	1	84	3	99,40	2
39	1	87	1	46,90	3
35	1	87	1	95,84	3
30	1	87	1	88,52	3
34	1	87	2	92,65	4
28	1	87	2	84,77	4
36	1	87	3	123,40	5
29	1	87	3	81,77	5

TABELA 12.2. Formação dos Grupos Contemporâneos (GC) para os Animais com Dados Observados de Ganho de Peso da Desmama ao Sobreano (cont.)

ANIMAL	SEXO	ANO	REBANHO	GANHO	GC
20	2	84	1	77,02	6
16	2	84	1	53,64	6
23	2	84	1	73,65	6
18	2	84	2	67,65	7
24	2	84	2	72,15	7
40	2	87	1	63,90	8
31	2	87	1	68,40	8
32	2	87	2	56,77	9
33	2	87	2	88,27	9
37	2	87	3	90,90	10
38	2	87	3	81,90	10

Tabela 12.3. Estimativas de efeitos de ambiente nos grupos contemporâneos, obtidas por meio do Método de Quadrados Mínimos

	GRUPOS CONTEMPORÂNEOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Efeito	82,65	91,52	77,08	88,71	102,58	68,02	69,90	66,15	72,52	86,40

TABELA 12.4. Ajustamento dos Dados Observados de Ganho de Peso para os Efeitos de Ambiente dos Grupos Contemporâneos (GC)

ANIMAL	GC	GANHO	AJUSTAMENTO	GANHO AJUSTADO
17	1	72,40	72,40 - 82,65	-10,25
21	1	95,65	95,65 - 82,65	13,00
25	1	79,90	79,90 - 82,65	-2,75
26	2	101,65	101,65 - 91,52	10,13
22	2	90,40	90,40 - 91,52	-1,12
19	2	74,65	74,65 - 91,52	-16,87
27	2	99,40	99,40 - 91,52	7,88
39	3	46,90	46,90 - 77,08	-30,18

TABELA 12.4. Ajustamento dos Dados Observados de Ganho de Peso para os Efeitos de Ambiente dos Grupos Contemporâneos (GC) (cont.)

ANIMAL	GC	GANHO	AJUSTAMENTO	GANHO AJUSTADO
35	3	95,84	95,84 - 77,08	18,76
30	3	88,52	88,52 - 77,08	11,44
34	4	92,65	92,65 - 88,71	3,94
28	4	84,77	84,77 - 88,71	-3,94
36	5	123,40	123,40 - 102,58	20,82
29	5	81,77	81,77 - 102,58	-20,81
20	6	77,02	77,02 - 68,02	9,00
16	6	53,64	53,64 - 68,02	-14,62
23	6	73,65	73,65 - 68,02	5,63
18	7	67,65	67,65 - 69,90	-2,25
24	7	72,15	72,15 - 69,90	2,25
40	8	63,90	63,90 - 66,15	-2,25
31	8	68,40	68,40 - 66,15	2,25
32	9	56,77	56,77 - 72,52	-15,75
33	9	88,27	88,27 - 72,52	15,75
37	10	90,90	90,90 - 86,40	4,50
38	10	81,90	81,90 - 86,40	-4,75

Dessa forma efeitos identificáveis de ambiente foram eliminados dos dados e agora os ganhos de peso ajustados são descritos pelo modelo

$$\varepsilon_i = a_i + d_i + E_i,$$

em que:

a_i é o valor genético do indivíduo i ;

d_i é o conjunto de efeitos genéticos não aditivos no indivíduo i ;

E_i é o conjunto de efeitos ambientais não identificáveis no indivíduo i .

UMA FORMA DE OBTER A PREDIÇÃO DOS VALORES GENÉTICOS

Nosso interesse é, em particular, obter uma predição para o valor genético a_i e então para facilitar o entendimento podemos reescrever o modelo como

$$\varepsilon_i = a_i + e_i,$$

em que $e_i = d_i + E_i$.

Agora para se estabelecer um preditor para os valores genéticos é conveniente escrever expressões para as médias e variâncias de ε_i e a_i .

As médias para ε_i e a_i , dadas por $E(\varepsilon_i)$ e $E(a_i)$, são por definição iguais a zero, enquanto que as variâncias são dadas respectivamente por $E(\varepsilon_i^2) = \sigma_\varepsilon^2$, que é a variância fenotípica, e $E(a_i^2) = \sigma_a^2$, que é a variância genética aditiva. Adicionalmente, pode-se definir a covariância entre ε_i e a_i por $E(\varepsilon_i a_i) = \sigma_a^2$, que é a própria variância genética aditiva, visto que a_i está contido em ε_i e é independente de e_i .

Um possível preditor para a_i pode ser $\hat{a}_i = b\hat{\varepsilon}_i$, de tal sorte que o valor obtido pelo preditor \hat{a}_i seja o mais próximo possível do valor genético verdadeiro a_i . Em outras palavras significa encontrar o valor de b que torna a variância do erro de predição, dada por $Var(\hat{a}_i - a_i) = E[(\hat{a}_i - a_i)^2]$, o menor possível. Isso pode ser feito como segue:

$$\begin{aligned} E[(\hat{a}_i - a_i)^2] &= E[(b\hat{\varepsilon}_i - a_i)^2] \\ &= E(b^2\hat{\varepsilon}_i^2 - 2b\varepsilon_i a_i + a_i^2) \\ &= E(b^2\hat{\varepsilon}_i^2) - E(2b\varepsilon_i a_i) + E(a_i^2) \end{aligned}$$

Como b é uma constante

$$= b^2 E(\hat{\varepsilon}_i^2) - 2b E(\varepsilon_i a_i) + E(a_i^2)$$

Usando as definições feitas anteriormente para as variâncias e covariâncias de ε_i e a_i , temos:

$$E[(\hat{a}_i - a_i)^2] = b^2 \sigma_\varepsilon^2 - 2b \sigma_a^2 + \sigma_a^2$$

Por meio dessa expressão verifica-se que a variância do erro de predição é uma função quadrática de b , e assim a derivada dessa função, em relação a b , quando nula permite obter o valor de b que torna mínima a variância do erro de predição.

$$\begin{aligned} \delta \left\{ E[(\hat{a}_i - a_i)^2] \right\} / \delta b &= 2b \sigma_\varepsilon^2 - 2 \sigma_a^2 \\ 2b \sigma_\varepsilon^2 - 2 \sigma_a^2 &= 0 \end{aligned}$$

$$b = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_\varepsilon^2} = h^2 = \text{coeficiente de herdabilidade.}$$

Esse resultado significa que se alguém pretende predizer o valor genético a partir dos desempenhos individuais dos animais, a predição mais próxima do valor genético verdadeiro é obtida corrigindo-se as observações para os efeitos fixos de ambiente e em seguida multiplicando-se o resultado pelo coeficiente de herdabilidade.

Supondo-se um coeficiente de herdabilidade de 0,23, a título de ilustração, pode-se aplicar essa conclusão ao conjunto de dados fornecido na Tabela 12.1, como se mostra na Tabela 12.5.

Observa-se que a classificação dos animais com base nos dados ajustados e com base na predição do valor genético é a mesma. Isto é óbvio visto que a predição do valor genético é obtida multiplicando-se os dados ajustados por uma constante, que é o coeficiente de herdabilidade.

TABELA 12.5. Predições para os Valores Genéticos com Base nos Dados Individuais de Ganho de Peso da Desmama ao Sobreano Ajustados para os Efeitos de Ambiente dos Grupos Contemporâneos (GC)

ANIMAL	GANHO	GANHO AJUSTADO	VALOR GENÉTICO PREDITO
36	123,40	20,82	4,79
35	95,84	18,76	4,31
33	88,27	15,75	3,62
21	95,65	13,00	2,99
30	88,52	11,44	2,63
26	101,65	10,13	2,33
20	77,02	9,00	2,07
27	99,40	7,88	1,81
23	73,65	5,63	1,29
37	90,90	4,50	1,03
34	92,65	3,94	0,91
31	68,40	2,25	0,52
24	72,15	2,25	0,52
22	90,40	-1,12	-0,26
18	67,65	-2,25	-0,52
40	63,90	-2,25	-0,52
25	79,90	-2,75	-0,63
28	84,77	-3,94	-0,91
38	81,90	-4,75	-1,03
17	72,40	-10,25	-2,36
16	53,64	-14,62	-3,36
32	56,77	-15,75	-3,62
19	74,65	-16,87	-3,88
29	81,77	-20,81	-4,79
39	46,90	-30,18	-6,94

A PREDIÇÃO DO VALOR GENÉTICO CONSIDERANDO OS PARENTESCOS

Anteriormente foi comentado que o valor genético não era estimável por estar confundido com os efeitos genéticos não aditivos e ambientais, visto que esses três efeitos estão associados exclusivamente à observação y_{ij} . No entanto, se for dada atenção à estrutura genealógica (Figura 12.1) verifica-se que os valores genéticos apresentam associações com outras observações, além daquela feita no próprio animal.

Estas associações podem ser descritas pelas relações de parentesco. Assim, se estas associações forem consideradas, as observações fornecidas por parentes também podem ser utilizadas como base para a predição dos valores de terminado indivíduo.

Para que se tenha uma melhor noção de como isso pode ser feito, tome-se como exemplo o animal 17 que tem os animais 16, 18 e 19 como meio-irmãos, os animais 28 e 29 como filhos e os animais 31 e 34 como sobrinhos. Os coeficientes de parentesco do animal 17 com seus meio-irmãos é 0,25; com seus filhos é 0,5 e com seus sobrinhos é 0,125. Assim, um preditor para o valor genético do animal 17, que leve em consideração o seu desempenho e os de seus parentes seria:

$$\hat{a}_{17} = b_1 \hat{e}_{17} + b_2 \hat{e}_{16} + b_3 \hat{e}_{18} + b_4 \hat{e}_{19} + b_5 \hat{e}_{28} + b_6 \hat{e}_{29} + b_7 \hat{e}_{31} + b_8 \hat{e}_{34}.$$

A questão agora se resume em definir os valores de b_1 até b_8 , que são os coeficientes de regressão do valor genético do animal 17 em função das observações com ele associadas. Aqui novamente é desejado um preditor que produza predições o mais próximo possível dos valores genéticos verdadeiros, o que equivale a minimizar a variância do erro de predição dada por $Var(\hat{a}_i - a_i) = E[(\hat{a}_i - a_i)^2]$.

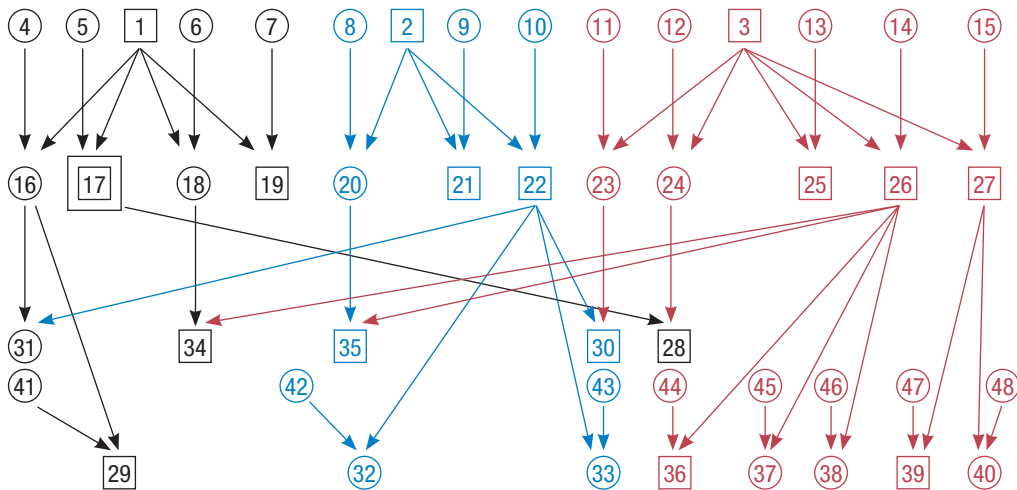


FIGURA 12.1. Genealogia dos animais.

Na forma matricial o preditor \hat{a}_{17} pode ser escrito como

$$\hat{a}_{17} = [b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_4 \quad b_5 \quad b_6 \quad b_7 \quad b_8] \begin{bmatrix} \hat{\epsilon}_{17} \\ \hat{\epsilon}_{16} \\ \hat{\epsilon}_{18} \\ \hat{\epsilon}_{19} \\ \hat{\epsilon}_{28} \\ \hat{\epsilon}_{29} \\ \hat{\epsilon}_{31} \\ \hat{\epsilon}_{34} \end{bmatrix}$$

$$\hat{a}_{17} = b' \epsilon$$

e então

$$\begin{aligned} E[(\hat{a}_i - a_i)^2] &= E[(b' \hat{\epsilon} - a_i)^2] \\ &= E(b' \hat{\epsilon} \hat{\epsilon}' b - 2b' \hat{\epsilon} a_i + a_i^2) \\ &= E(b' \hat{\epsilon} \hat{\epsilon}' b) - E(2b' \hat{\epsilon} a_i) + E(a_i^2) \\ &= b' E(\hat{\epsilon} \hat{\epsilon}') b - 2b' E(\hat{\epsilon} a_i) + E(a_i^2) \end{aligned}$$

O termo $E(\hat{\epsilon} \hat{\epsilon}')$ é a matriz V de variância e covariância fenotípica referente ao vetor de informações e o termo $E(\hat{\epsilon} a_i)$ é o vetor g de covariância entre o valor genético a ser predito e o vetor de informações. Então,

$$E[(\hat{a}_i - a_i)^2] = b' V b - 2b' g + \sigma_a^2$$

Verifica-se aqui também que a variância do erro de predição é uma função quadrática de b , e assim a derivada dessa função, em relação a b , quando nula permite obter o valor de b que torna mínima a variância do erro de predição.

$$\begin{aligned} \delta \left\{ E[(\hat{a}_i - a_i)^2] \right\} / \delta b' &= 2b' V - 2g' \\ 2b' V - 2g' &= 0 \end{aligned}$$

Para ilustrar esse resultado pode-se aplicá-lo para obter-se a predição do valor genético para o animal 17. Nesse caso a matriz V e o vetor g serão

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{4}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 \\ \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{2}\sigma_a^2 & \frac{1}{8}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \frac{1}{16}\sigma_a^2 & \sigma_{\epsilon}^2 \end{bmatrix}$$

$$g' = [\sigma_a^2 \quad \frac{1}{4}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{4}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{4}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{2}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{2}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{8}\sigma_a^2 \quad \frac{1}{8}\sigma_a^2]$$

Supondo-se que a variância fenotípica seja de 900 kg² e a variância genética aditiva de 207 kg², têm-se:

$$V = \begin{bmatrix} 900 & 51,75 & 51,75 & 51,75 & 103,5 & 103,5 & 25,875 & 25,875 \\ 51,75 & 900 & 51,75 & 51,75 & 25,875 & 25,875 & 103,5 & 25,875 \\ 51,75 & 51,75 & 900 & 51,75 & 25,875 & 25,875 & 25,875 & 103,5 \\ 51,75 & 51,75 & 51,75 & 900 & 25,875 & 25,875 & 25,875 & 25,875 \\ 103,5 & 25,875 & 25,875 & 25,875 & 900 & 51,75 & 14,9375 & 14,9375 \\ 103,5 & 25,875 & 25,875 & 25,875 & 51,75 & 900 & 14,9375 & 14,9375 \\ 25,875 & 103,5 & 25,875 & 25,875 & 14,9375 & 14,9375 & 900 & 14,9375 \\ 25,875 & 25,875 & 103,5 & 25,875 & 14,9375 & 14,9375 & 14,9375 & 900 \end{bmatrix}$$

$$g' = [207 \quad 51,75 \quad 51,75 \quad 51,75 \quad 103,5 \quad 103,5 \quad 25,875 \quad 25,875]$$

$$b' = g'V^{-1}$$

$$b' = [0,203962 \quad 0,034909 \quad 0,034909 \quad 0,036175 \quad 0,083251 \quad 0,083251 \quad 0,013835 \quad 0,013835]$$

Assim, pode-se obter a predição do valor genético do animal 17 baseando-se no seu desempenho e no de seus parentes por:

$$\hat{a}_{17} = \begin{bmatrix} 0,203962 & 0,034909 & 0,034909 & 0,036175 & 0,083251 & 0,083251 & 0,013835 & 0,013835 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -10,25 \\ -14,62 \\ -2,25 \\ -16,87 \\ -3,94 \\ -20,81 \\ 2,25 \\ 3,94 \end{bmatrix} = -5,27$$

Observe-se que a predição do valor genético do animal 17 quando baseada na informação exclusiva de seu desempenho foi de -2,36. Contudo, quando a informação do desempenho de seus parentes foi levada em consideração, a predição de seu valor genético caiu para -5,27. É obvio que isto aconteceu porque seus parentes apresentam desempenho inferior.

Ao se utilizar informações de parentes, na forma como mostrado agora, não foi considerado que estas informações de desempenho também podem estar associadas a outras, como por exemplo, o animal 28 é filho de 17 mas também é filho de 24. Observe-se que se for considerada a informação de desempenho do animal 24 para se predizer o valor genético de 17, o que acontecerá é um ajustamento da informação de 28 para o desempenho de sua mãe e, automaticamente, a predição para o valor genético de 17 também estará ajustada.

Pensando dessa forma para predizer o valor genético de 17 podemos considerar a informação de seu próprio desempenho e dos animais 16, 18, 19, 28, 29, 31, 34, 22, 24 e 26. Nesse caso a predição seria dada como segue.

$$\hat{a}_{17} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 & b_8 & b_9 & b_{10} & b_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\epsilon}_{17} \\ \hat{\epsilon}_{16} \\ \hat{\epsilon}_{18} \\ \hat{\epsilon}_{19} \\ \hat{\epsilon}_{28} \\ \hat{\epsilon}_{29} \\ \hat{\epsilon}_{31} \\ \hat{\epsilon}_{34} \\ \hat{\epsilon}_{22} \\ \hat{\epsilon}_{24} \\ \hat{\epsilon}_{26} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,203835 & 0,034864 & 0,034864 & 0,036147 & 0,084382 & 0,083198 & 0,01401 & 0,01401 & -0,00161 & -0,0097 & -0,00161 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -10,25 \\ -14,62 \\ -2,25 \\ -16,87 \\ -3,94 \\ -20,81 \\ 2,25 \\ 3,94 \\ -1,12 \\ 2,25 \\ 10,13 \end{bmatrix}$$

$$\hat{a}_{17} = -5,3$$

Observe-se que os valores de b_9 , b_{10} e b_{11} são negativos. Isto acontece porque corrigem a predição do valor genético de 17.

Se para predição do valor genético de 17 for utilizada a informação de algum animal que não tenha qualquer relação com os parentes de 17 ou com o próprio 17, o valor de b correspondente a esse animal seria zero, assim essa informação em nada contribuiria para a predição do valor genético do animal 17.

Sendo assim, esse raciocínio pode ser expandido a todo o conjunto de dados e, assim, utilizar-se toda informação coletada para a predição dos valores genéticos. Nesse caso, a matriz V será a mesma para a predição dos valores genéticos de todos animais e os vetores g necessários para cada predição podem ser agrupados formando a matriz G , que é a matriz de variância e covariância genética aditiva entre os dados.

O produto de GV^{-1} produz uma matriz B em que cada linha corresponde a um vetor b^2 referente a cada valor genético a ser predito. Isto permite que todas as predições sejam obtidas simultaneamente, considerando toda informação disponível. A expressão que descreve tal situação é

$$\hat{a} = B\hat{\epsilon} = GV^{-1}\hat{\epsilon} = GV^{-1}(y - X\hat{\beta})$$

De maneira formal essas expressões são derivadas como segue. O que se deseja é minimizar $Var(\hat{a} - a)$, a variância do erro de predição. Isso equivale a minimizar $E[(\hat{a} - a)(\hat{a} - a)']$. Assim

$$\begin{aligned} E[(\hat{a} - a)(\hat{a} - a)'] &= E[(B\hat{\epsilon} - a)(B\hat{\epsilon} - a)'] \\ &= E[(B\hat{\epsilon} - a)(\hat{\epsilon}'B' - a')] \\ &= E(B\hat{\epsilon}\hat{\epsilon}'B' - B\hat{\epsilon}a' - a\hat{\epsilon}'B' + aa') \end{aligned}$$

Sendo a variância do erro de predição uma função quadrática de B a derivada dessa função, em relação a B , quando nula permite a estimação desejada.

$$\delta \left\{ E[(\hat{a} - a)(\hat{a} - a)'] \right\} / \delta B' = 2BE(\hat{\epsilon}\hat{\epsilon}') - 2E(a\hat{\epsilon}')$$

em que $E(\hat{\epsilon}\hat{\epsilon}')$ e $E(a\hat{\epsilon}')$ são, respectivamente, as matrizes de variância e covariâncias fenotípica e genética, V e G . Então,

$$BV = G$$

$$B = GV^{-1}.$$

Se não houver qualquer parentesco entre os indivíduos, então, $G = I\sigma_a^2$ e $V = I\sigma_\epsilon^2 = I(\sigma_a^2 + \sigma_a^2 + \sigma_\epsilon^2) = I\sigma_y^2$ e, por conseguinte, $B = Ib^2$. Nessa situação o vetor de predições dos valores genéticos se resume à expressão bem conhecida

$$\hat{a} = b^2(y - X\hat{\beta}),$$

em que a predição do valor genético é obtida pela regressão do valor genético em relação ao valor fenotípico, dada pelo produto do coeficiente de herdabilidade pela observação corrigida para os efeitos fixos de ambiente.

Todavia, se há parentesco entre os indivíduos, a matriz de variância genética passa a ser não-diagonal e dada por $G = A\sigma_a^2$, em que A é a matriz que descreve o parentesco entre os indivíduos, da mesma forma que a matriz de variância e covariância dos efeitos genéticos não-aditivos dada por $D = N\sigma_d^2$. Consequentemente, a matriz de variância e covariância fenotípica também será não diagonal e dada por $V = A\sigma_a^2 + N\sigma_d^2 + I\sigma_e^2$.

Nessa situação a predição do valor genético de um determinado indivíduo levará em conta as informações referentes aos seus parentes, além da sua própria, por meio de regressores específicos para cada tipo de informação. Esses regressores estão dispostos na matriz B , de tal forma que a i -ésima linha de B corresponde ao conjunto de regressores para as informações associadas ao i -ésimo indivíduo.

Deve-se observar que não apenas as informações dos parentes são utilizadas na predição do valor genético de determinado indivíduo. As informações referentes àqueles indivíduos não aparentados ao i -ésimo indivíduo, mas que contribuíram na formação do valor genético de um parente dele, serão regredidas para ajustar a predição de seu valor genético. Isso acontece, por exemplo, se dispomos das informações de touros, de seus filhos e das vacas que produziram tais filhos. Nesse caso as informações das vacas são computadas para ajustar a predição dos valores genéticos dos touros, mesmo não sendo aparentadas com eles.

Além dessa vantagem, a utilização da estrutura de parentesco permite a predição de valores genéticos de indivíduos nos quais não se fez observações. Para que isso seja possível é necessário apenas o uso de uma matriz Z , de incidência de valores genéticos, com dimensão linha igual ao número de observações e dimensão coluna igual ao número de indivíduos a serem avaliados, de tal forma que a matriz B de regressores passa a ser dada por

$$B = GZ'V^{-1}.$$

Da mesma forma, é necessário o uso da matriz Z se a característica envolvida apresenta medidas repetidas.

MELHORANDO A ESTIMAÇÃO DOS EFEITOS AMBIENTAIS IDENTIFICÁVEIS

O fato da matriz V não apresentar estrutura diagonal, em função do parentesco entre os indivíduos, torna mais acurada a predição dos valores genéticos, entretanto, leva à necessidade de revisão da forma como foram estimados os efeitos ambientais. As pressuposições feitas para o estabelecimento dos estimadores dos efeitos fixos não consideraram a estrutura não diagonal de V . Se tal fato for levado em consideração torna-se necessário ponderar a soma de quadrados da parte aleatória das observações pela estrutura de correlações entre elas. Essa estrutura está descrita na matriz V . Assim, o que deve ser minimizado é $E(\epsilon'V^{-1}\epsilon)$ e não $E(\epsilon'\epsilon)$, então,

$$\begin{aligned} E(\epsilon'V^{-1}\epsilon) &= E[(y - X\beta)'V^{-1}(y - X\beta)] \\ &= E(y'V^{-1}y - 2\beta'X'V^{-1}y + \beta'X'V^{-1}X\beta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta[E(\varepsilon'V^{-1}\varepsilon)]/\delta\beta' &= \delta[E(y'V^{-1}y - 2\beta'X'V^{-1}y + \beta'X'V^{-1}X\beta)]/\delta\beta' \\ &= -2X'V^{-1}y + 2X'V^{-1}X\beta \\ &\quad -X'V^{-1}y + X'V^{-1}X\beta = 0 \\ X'V^{-1}X\beta &= X'V^{-1}y.\end{aligned}$$

Considerando que sejam feitas adequadas restrições se $X'V^{-1}X$ não tem posto completo, então,

$$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$$

Agora a estimação dos efeitos fixos de ambiente se processa, coerentemente, por meio do método de Quadrados Mínimos Generalizados (GLS) e não Quadrados Mínimos Ordinários (OLS) como antes.

Assim, o procedimento para avaliação genética consistirá na aplicação do método GLS, produzindo Melhores Estimadores Lineares Não Viesados (BLUE) dos efeitos fixos de ambiente, e em seguida, usando tais estimadores, ajustar as observações e regredi-las obtendo-se os Melhores Preditores Lineares Não Viesados (BLUP) dos valores genéticos.

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y \\ \hat{a} &= GZ'V^{-1}(y - X\hat{\beta}).\end{aligned}$$

As dificuldades na aplicação dessas equações residem na obtenção da inversa de V .

USANDO AS EQUAÇÕES DE MODELOS MISTOS

Uma forma alternativa de obtenção de Melhores Estimadores Lineares Não Viesados (BLUE) para os efeitos fixos de ambiente e de Melhores Preditores Lineares Não Viesados (BLUP) para os valores genéticos pode ser estabelecida por meio da maximização da função densidade de probabilidade conjunta das observações e dos valores genéticos, como segue.

O modelo inicialmente definido

$$y_{ij} = f_i + a_{ij} + d_{ij} + E_{ij},$$

agora é reescrito como

$$y_{ij} = f_i + a_{ij} + e_{ij},$$

sendo $e_{ij} = d_{ij} + E_{ij}$.

Na forma matricial, tem-se

$$y = X\beta + Za + e,$$

cujos elementos já foram descritos.

Assume-se que y , a e e apresentam a seguinte distribuição

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que $V = ZGZ' + R$, sendo $G = A\sigma_a^2$ e $R = I\sigma_e^2$.

Observe-se que nesta definição despreza-se a estrutura não diagonal da matriz de variância e covariância dos efeitos genéticos não aditivos, o que em princípio não terá grande importância, a menos que a estrutura de parentesco apresente quantidade considerável de irmãos completos.

A função densidade de probabilidade conjunta das observações e dos valores genéticos, $f(y, a)$, pode ser escrita como o produto da função densidade de probabilidade de y , dado que se conhece a , pela função densidade de probabilidade de a .

$$f(y, a) = f(y|a)f(a)$$

$$f(y, a) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |R|}} e^{-\frac{1}{2}[(y-X\beta-Za)'R^{-1}(y-X\beta-Za)]} \cdot \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |G|}} e^{-\frac{1}{2}[(a-0)'G^{-1}(a-0)]}$$

Para se proceder a maximização pode-se aplicar a transformação logarítmica para facilitar a manipulação algébrica. Assim,

$$L = \frac{1}{2} [2n \ln(2\pi) - \ln|R| + \ln|G| + y'R^{-1}y - 2y'R^{-1}X\beta + 2y'R^{-1}Za + 2\beta'X'R^{-1}Za + \beta'X'R^{-1}X\beta + a'Z'R^{-1}Za + a'G^{-1}a]$$

Derivando-se em relação a β e a tem-se

$$\begin{bmatrix} \delta L / \delta \beta \\ \delta L / \delta a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -X'R^{-1}y + X'R^{-1}X\beta + X'R^{-1}Za \\ -Z'R^{-1}y + Z'R^{-1}X\beta + Z'R^{-1}Za + G^{-1}a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X\beta + X'R^{-1}Za \\ Z'R^{-1}X\beta + (Z'R^{-1}Z + G^{-1})a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & (Z'R^{-1}Z + G^{-1}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Essas são as Equações de Modelos Mistos (MME) que permitem a obtenção de BLUE para os efeitos fixos de ambiente e BLUP para os valores genéticos.

A solução desse sistema pode ser obtida por absorção resultando em

$$\hat{\beta} = \left\{ X' \left[R^{-1} - R^{-1}Z(Z'R^{-1}Z + G^{-1})^{-1}Z'R^{-1} \right] X \right\}^{-1} X' \left[R^{-1} - R^{-1}Z(Z'R^{-1}Z + G^{-1})^{-1}Z'R^{-1} \right] y$$

$$\hat{a} = (Z'R^{-1}Z + G^{-1})^{-1} ZR^{-1} (y - X\hat{\beta}).$$

Essas equações fornecem os mesmos resultados de

$$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$$

$$\hat{a} = GZ'V^{-1}(y - X\hat{\beta}),$$

como pode ser visto em MARTINS et al. (1993).

Na Tabela 12.6 são apresentadas as predições dos valores genéticos e a classificação dos animais do exemplo de ilustração.

TABELA 12.6. Predição do valor genético de todos os animais utilizando modelo animal

NÚMERO	VALOR GENÉTICO	CLASSE	NÚMERO	VALOR GENÉTICO	CLASSE
1	-4.75	44	25	0.66	22
2	3.66	9	26	6.02	3
3	2.98	12	27	0.53	24
4	-1.18	34	28	-2.26	40
5	-2.00	38	29	-5.98	48
6	0.07	26	30	4.34	5
7	-1.64	36	31	-0.44	30
8	1.85	18	32	-1.61	35
9	1.33	20	33	4.16	6
10	0.48	25	34	2.13	16
11	1.22	21	35	7.35	1
12	-0.07	27	36	6.30	2
13	-0.55	32	37	3.83	7
14	3.02	11	38	2.18	15
15	-0.64	33	39	-4.89	46
16	-4.14	43	40	-0.26	28
17	-5.37	47	41	-2.19	39
18	-2.27	41	42	-1.92	37
19	-4.83	45	43	1.92	17
20	4.61	4	44	2.19	14
21	3.82	8	45	0.55	23
22	2.56	13	46	-0.55	31
23	3.32	10	47	-3.44	42
24	1.39	19	48	-0.35	29

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diferença entre os modelos

$$y = X\beta + \varepsilon \text{ e } y = X\beta + Za + e$$

está apenas no fato de que no primeiro o valor genético não é considerado de forma explícita. Contudo, sendo um efeito aleatório é considerado na matriz de variância e covariância das observações dada por $V = ZGZ' + R$. Aliado a isto há ortogonalidade entre a parte fixa e a parte aleatória das observações, de tal sorte que a estimação dos efeitos fixos independe da forma como os efeitos aleatórios são considerados, se decompostos como $Za + e$ ou na forma compacta como ε .

A vantagem na utilização do segundo modelo reside no fato de não ser necessário obter a inversa de V e, além disso, as inversas das matrizes de variâncias e covariâncias genética e residual são facilmente obtidas porque R é diagonal e $G^{-1} = A^{-1}\sigma_a^{-2}$, e existem algoritmos eficientes para obtenção direta da inversa de A , a matriz de parentesco.

Uma dificuldade pode persistir se a solução for obtida por absorção, porque será necessário obter-se $(Z'R^{-1}Z + G^{-1})^{-1}$ que, apesar de apresentar rápida convergência em métodos iterativos de obtenção de inversas, é, frequentemente, de grandes dimensões. Todavia, tais métodos iterativos podem ser usados diretamente no sistema de Equações de Modelos Mistos para obtenção dos vetores β , de efeitos fixos de ambiente, e a , de valores genéticos.

Se o interesse é apenas a predição dos valores genéticos de touros, a definição de um modelo de reprodutor, com esse efeito tomado como aleatório, pode ser feita e as MME fornecerão BLUP dos valores genéticos dos touros, com expressiva redução do esforço computacional (MRODE, 1996). Porém, neste caso deve-se atentar para o fato de que tais predições não estarão ajustadas para os valores genéticos das vacas com as quais os touros foram acasalados.

Para que as predições dos valores genéticos dos touros sejam corrigidas para os valores genéticos das vacas com eles acasaladas, tendo-se mesmo assim um menor esforço computacional, torna-se necessário a utilização do Modelo Animal Reduzido (RAM) que consiste numa manipulação algébrica do Modelo Animal, em que as equações referentes aos indivíduos que não têm filhos são absorvidas naquelas dos indivíduos que têm descendentes (MARTINS et al., 1997). Neste caso, são obtidas predições dos valores genéticos de touros e vacas.

A metodologia de modelos mistos é robusta em suas aplicações, no sentido de que mesmo quando as condições dos dados coletados não satisfazem plenamente as premissas envolvidas na sua concepção, os resultados obtidos são pouco distorcidos. Isto, contudo, não nos exime da responsabilidade de coletar e informar corretamente os dados de campo, os quais são a matéria prima no processo de avaliação genética.

A despeito dessa breve explanação sobre o uso das MME para predições de valores genéticos pode-se observar sua importância como ferramenta para orientar as decisões de seleção nos rebanhos.

FONTES DE REFERÊNCIA

- HENDERSON, C.R. Applications of linear models in animal breeding. Guelph, Canadá, University of Guelph Press, 1984. 462p.
- LOPES, P.S.; MARTINS, E.N.; SILVA, M.A.; RAGGI, L.A. Métodos de resolução de sistemas de equações lineares. Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 1993. 55p.
- MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, M.A.; REGAZZI, A.J. Modelo linear misto. Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 1993. 46p.
- MARTINS, E.N. Uso de modelos mistos no melhoramento animal. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994. Maringá, PR. *Anais...* Maringá, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.25-51.
- MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, M.A.; TORRES JUNIOR, R.A.A. Uso de modelos mistos na avaliação genética animal. Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 1997. 100p.
- MRODE, R.A. Linear models for the prediction of animal breeding values. Wallingford, UK, CAB International, 1996. 187p.

MELHORAMENTO ANIMAL NA ERA DAS DEPS

Roberto Augusto de Almeida Torres Junior
Luiz Otávio Campos da Silva
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Paulo Roberto Costa Nobre

INTRODUÇÃO

O melhoramento animal envolve uma série de tópicos que vão desde os estudos da base genética das características de interesse zootécnico até aqueles com o melhoramento aplicado às várias espécies. A seguir, alguns conceitos básicos serão apresentados, o que permitirá uma melhor compreensão das informações disponíveis para a tomada de decisão em processos de seleção em gado de corte.

CONCEITOS BÁSICOS

Entre os conceitos básicos importantes, citam-se o da herdabilidade (h^2), que fornece uma medida do quanto as diferenças individuais de produção (D), para dada característica, refletirão, em média, na superioridade da progênie ($S = \frac{1}{2} * h^2 * D$); o de valor genético ($VG = h^2 * D$), que é uma medida da qualidade genética de um animal quanto à produção de seus filhos; e o de desvio-padrão genético (σ_g), que informa a magnitude das diferenças entre os valores genéticos da população.

Outro conceito é o cálculo do ganho genético pela seleção dos animais superiores seguindo diferentes esquemas de seleção (por exemplo, a seleção massal em que o animal é selecionado com base no seu dado individual de produção). Nesse tópico, uma das medidas finais da eficiência de um esquema de seleção é a taxa anual do ganho ($\Delta G/\Delta t$) cuja fórmula é:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = \frac{i * h * \sigma_g}{T}, \quad \text{para seleção massal, ou:}$$

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = \frac{i * Ac * \sigma_{gd}}{T}, \quad \text{mais genericamente, em que:}$$

“*i*” é a intensidade de seleção, que é função da proporção de animais avaliados que é selecionada. Quanto menor for a proporção que os animais selecionados representarem do total avaliado, maior será o valor de “*i*”, o que contribui para o aumento da taxa anual de ganho;

“*Ac*” é a acurácia, que para a seleção massal corresponde à raiz quadrada da herdabilidade (*h*). Este parâmetro é uma medida da correlação entre a informação disponível e o valor genético do animal. Esta informação disponível pode vir de dados dos pais (seleção pelo pedigree), dados de desempenho individual (seleção massal), média de desempenho de vários filhos (seleção por teste de progênie) ou por uma combinação dos vários tipos de informação (metodologias modernas de avaliação genética). No entanto, o importante é que quanto mais próxima for a informação do valor genético do animal, maior será a acurácia, contribuindo para um aumento da taxa anual de ganho;

“ σ_{gd} ” é o desvio-padrão dos valores genéticos aditivos diretos dos animais avaliados, ou seja, é uma medida da variabilidade genética disponível para se fazer seleção. Na primeira geração de um programa de melhoramento com base em seleção massal, “ σ_{gd} ” é igual ao desvio-padrão da característica em questão (σ_g). Em outras situações, ele vai depender da seleção realizada nos pais e do sistema de acasalamento usado. Maiores taxas de ganhos serão alcançadas quanto maiores forem as diferenças entre touros e vacas, produzindo maior variabilidade genética nos produtos;

“*T*” representa o intervalo de geração do esquema de melhoramento, isto é, a idade média dos pais na época do nascimento dos filhos. Como este parâmetro aparece no denominador da fórmula da taxa anual de ganho, o seu aumento tem um impacto negativo na taxa de ganho, ou seja, quanto mais velhos forem os pais na época do nascimento dos filhos, maior será o valor de *T*, o que contribuirá para a redução da taxa anual de ganho. Essa é a razão da existência de programas como o Programa de Avaliação de Touros Jovens da Embrapa Gado de Corte (SILVA et al., 2003), que visam a redução da idade para a identificação acurada dos animais geneticamente superiores.

Importante se dizer que, apesar de conhecermos o impacto isolado destes quatro componentes na taxa anual de ganho, a análise e escolha do melhor esquema de seleção é uma tarefa complexa, visto que mudanças no esquema de seleção provocam mudanças simultâneas em mais de um desses componentes. Isso impossibilita a confecção de recomendações tipo “receita de bolo” e exige uma análise complexa do sistema de criação do rebanho a ser selecionado e da dinâmica de coleta e disponibilidade dos dados de desempenho individual e de progênies. Outro ponto a ser considerado é a limitação na intensidade de uso dos touros. A utilização de um maior número de touros é uma

forma de evitar que ocorram grandes flutuações no mérito genético médio do rebanho em função de uma possível queda acentuada na avaliação genética de um touro usado intensamente no rebanho.

Dito isso sobre os esquemas de seleção, nos resta entender como é que esses fatores são levados em consideração, em uma época em que reina nos programas de melhoramento e na apresentação dos animais para a comercialização o conceito da DEP. Para tanto, começaremos por descrever o que vem a ser uma DEP, como ela leva em conta os fatores relacionados aos componentes da taxa anual de ganho e, por fim, apresentaremos outras medidas e terminologias associadas à DEP, que nem sempre são compreendidas pelos usuários finais do material genético selecionado que vem impulsionando a pecuária de corte.

O QUE VEM A SER A DEP?

DEP é uma sigla para o termo Diferença Esperada na Progenie. Ela tem várias definições possíveis e que são encontradas nos livros de Melhoramento Animal e nos diversos sumários de touros. Mas uma maneira de definir a DEP que é fácil de ser assimilada é a seguinte:

“A DEP é uma medida da diferença entre o desempenho médio da progênie de um dado touro e o desempenho médio da progênie de um grupo de touros referência, quando acasalados com fêmeas geneticamente semelhantes.”

Apesar da definição se referir somente a touros, a DEP existe para qualquer indivíduo da população, seja ele touro, vaca ou um animal jovem (produto), tendo um significado semelhante. Além disso, o uso de fêmeas semelhantes, explicitado na definição, só é necessário se quisermos visualizar as diferenças de DEP diretamente na média dos filhos. Na prática, o uso de técnicas avançadas de análise permite separar a contribuição de touros e vacas no desempenho dos produtos e, com isso, avaliar corretamente um animal, mesmo que ele tenha sido acasalado com animais acima ou abaixo da média da população (VAN VLECK, 1993).

A DEP É UMA MEDIDA RELATIVA!

A própria definição apresentada para a DEP deixa claro que o valor da DEP depende do referencial adotado. Pela simples mudança do referencial (base genética da avaliação), podemos deixar a maioria das DEPs positivas, portanto, não se deve julgar uma DEP apenas pelo fato de ela ser positiva ou negativa, mas sim pela diferença entre a DEP de um animal e a dos outros disponíveis para seleção.

Alguns sumários optam por adotar como referencial, o mérito dos animais de um passado muito distante fazendo com que as DEPs dos animais de hoje tenham valores expressivos, o que comercialmente ajuda a despertar o interesse de compradores desavisados. Além disso, quando comparamos dois animais cujas DEPs provêm de uma mesma avaliação, suas DEPs são relativas a um mesmo referencial e, portanto, a superioridade de um sobre o outro pode ser obtida pela diferença entre suas DEPs. Animais cujas DEPs provêm de avaliações distintas (sumários diferentes), mesmo que a característica

seja a mesma, tem DEPs relativas a dois referenciais diferentes e, assim, não podem ser comparadas diretamente. Para isso, é preciso que exista uma avaliação da diferença que existe entre os referenciais utilizados nas duas avaliações (BIF, 2002).

POR QUE A DEP MUDA E COMO ELA MUDA?

Outro ponto é que a DEP é uma estimativa, ou seja, é o resultado de uma fórmula matemática que visa estimar o valor genético verdadeiro de um animal como reprodutor. Isso mesmo, a DEP é um “chute”, mas um “chute muito bem dado”, que utiliza toda informação disponível para concentrar o valor da DEP na região de acerto. É como se você pudesse contratar o craque para chutar por você.

Para entender isso melhor, vamos supor que nós tenhamos uma população de animais para selecionar. A distribuição do valor verdadeiro das DEP nesta população segue uma distribuição normal conforme mostrada na Figura 13.1. Esta curva está centrada no zero que, neste caso, corresponde à média das DEPs reais dos animais da população (referencial adotado). A área total sobre a curva representa 100% dos animais. A altura da curva representa a frequência de ocorrência de animais naquela região e podemos ver claramente que na região central, um mesmo intervalo de valores de DEPs, resultou em uma área muito maior e conseqüentemente, uma proporção bem maior de animais do que nas duas regiões mais afastadas. Isso mostra que as DEPs próximas à média são mais frequentes, enquanto as DEPs muito distantes da média são mais raras. Outro ponto a considerar é que a distribuição é simétrica, ou seja, a chance que temos de obter uma DEP positiva e alta (muito maior que a média) é a mesma de obter uma DEP negativa e alta (muito menor que a média).

No caso em que não temos informação nenhuma de desempenho ou pedigree de um animal, a Figura 13.1 expressa muito bem o nosso grau de conhecimento sobre a DEP deste animal. Neste caso, a melhor estimativa (melhor chute) é dizer que a DEP do animal é igual a zero, ou seja, é igual à média da população, região em que estão localizadas as DEPs verdadeiras de uma maior proporção dos animais. É lógico que não seria nada

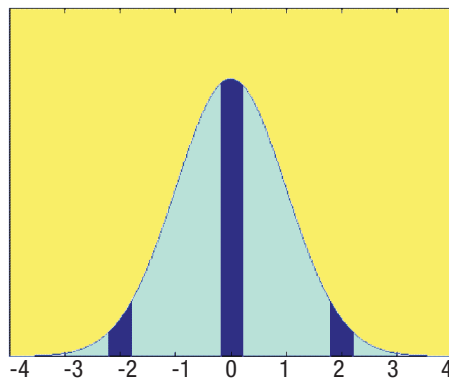


FIGURA 13.1. Distribuição das DEPs verdadeiras dos animais de uma população não selecionada cuja variância genética é igual a 1.

útil se a minha população inteira estivesse nessa situação, todo mundo com a mesma DEP, mas isso será útil para comparar esses animais com os outros que tiverem maior quantidade de informação.

À medida que acumulamos informação, vejamos o que acontece com a DEP. Vamos utilizar agora o exemplo de um animal que tem apenas a informação do pedigree, mas que vem de pais altamente provados (DEPs de alta acurácia). Este exemplo é apresentado na Figura 13.2. Nesta figura, a curva do animal que tem a informação de pedigree, em virtude da informação positiva dos pais do animal em questão, está centrada mais para a direita. Além disso, a informação disponível afunila o conjunto de possíveis valores verdadeiros para a DEP e, para manter os 100% de área, a curva fica mais alta na região central. Isso faz com que aquela faixa central acumule uma proporção relativamente maior da área total, dando mais confiança na nossa estimativa da DEP para esse animal que será, novamente, o valor onde está centrada a curva, que nesse caso é o valor 1.

Quando esse animal cresce e tem o seu próprio dado de produção, essa nova informação é acrescida ao conjunto de informações disponíveis sobre este animal. Se após isso ele passa por um processo de avaliação de touros jovens, onde ele tem cerca de 20 filhos testados, a nova curva fica como apresentada na Figura 13.3. Neste caso podemos ver que novamente a curva fica mais afunilada e mais alta. Ocorre uma mudança de posição que é direcionada pelos valores dos dados de desempenho coletados, neste caso, a produção do animal e/ou de seus filhos foi superior, o que levou à distribuição dos valores possíveis de sua DEP a mover seu centro do valor 1 para o valor 2. Neste caso a DEP publicada passa também de 1 para 2.

Ressalta-se que os valores escolhidos para os exemplos acima tiveram o intuito de facilitar a visualização do que se queria mostrar, entretanto, a cada nova informação que chega, a DEP muda com base nessas informações. Em média, metade dos animais tem uma mudança negativa enquanto que a outra metade tem uma mudança positiva. Mudanças pequenas são as mais comuns, sendo que poucas mudanças de maior magnitude podem ocorrer.

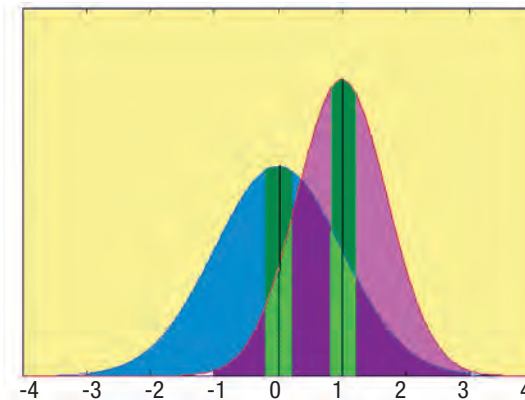


FIGURA 13.2. Distribuição das DEPs verdadeiras de dois animais, um com DEP igual a zero e nenhuma informação disponível (curva da esquerda) e outro com DEP igual a 1, filho de pais altamente provados (curva da direita), provenientes de uma população com variância genética igual a 1.

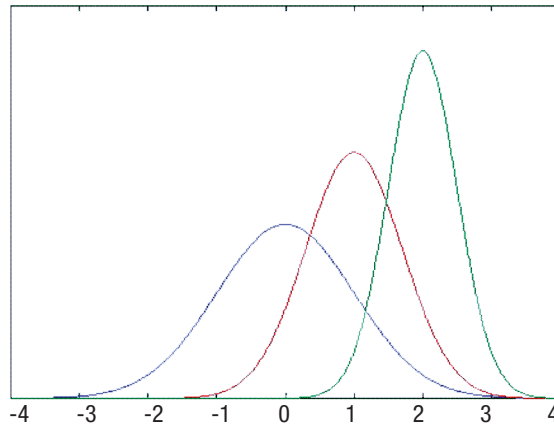


FIGURA 13.3. Curvas da distribuição da DEP verdadeira de três animais, sendo elas correspondentes, da esquerda para a direita, a um animal sem informação disponível, um animal filho de pais provados e um animal filho de pais provados com dados de desempenho próprio de mais de 20 filhos, provenientes de uma população com variância genética igual a 1.

ACURÁCIA

De uma maneira geral, podemos dizer que a DEP que utilizamos corresponde ao ponto de maior frequência (pico da curva de distribuição dos valores possíveis), para a DEP real de um animal, baseado nas informações disponíveis até o momento. À medida que se acumula informações, a curva fica mais afunilada e o pico mais alto, concentrando uma maior proporção das DEPs verdadeiras na região próxima ao valor estimado, o que confere uma maior confiabilidade à DEP estimada. Para se quantificar essa confiabilidade lança-se mão da acurácia - aquela mesma que consta na fórmula da taxa anual de ganho.

Dois pontos merecem ser destacados, a seguir.

O impacto da acurácia no ganho já está incorporada nas DEPS

Na hora que definimos a distribuição dos valores da DEP verdadeira de um animal e calculamos a DEP, a acurácia da informação disponível entra nos cálculos, penalizando animais cuja informação é pouco confiável. Por exemplo, na seleção apenas pelo desempenho individual para uma característica com herdabilidade (h^2) de 0,3, o animal precisa ser superior à média do grupo em 100 gramas/dia (D) para que sua DEP seja de apenas 15 g/dia ($S = \frac{1}{2} * 0,3 * 100$). Animais que tem informação proveniente de um grande número de filhos apontando para uma superioridade média de 15 g/dia, por outro lado, terão sua DEP muito próxima desse valor. Essa penalização é feita de uma maneira mais ou menos intensa em toda avaliação genética da população, dependendo das informações disponíveis sobre cada animal. Dessa forma, o valor da DEP publicada corresponde exatamente ao centro da curva dos valores possíveis para a DEP real de cada animal, podendo variar à medida que se acumulam novas informações.

A utilidade da acurácia é quantificar as possíveis mudanças da DEP

Como a DEP já leva em conta o impacto da acurácia no ganho, a grande utilidade da acurácia é informar a magnitude das mudanças no valor da DEP que podem ocorrer quando mais informações se tornarem disponíveis. Ninguém gostaria de fazer um grande investimento em um touro jovem para depois o ver ser desvalorizado quando os resultados dos filhos dele começarem a aparecer. Isso não quer dizer que não devemos utilizar animais de baixa acurácia como os touros jovens, apenas que devemos ter consciência do risco associado.

Por outro lado, a acurácia tradicional não foi pensada para essa aplicação e as flutuações das DEPs não correspondem à expectativa gerada pelo valor da acurácia. Por exemplo, para o índice de pedigree, a acurácia tradicional pode chegar a 71%, entretanto, a dispersão dos possíveis valores verdadeiros da DEP é apenas 29% menor do que quando não se tem dado nenhum sobre o animal (essa é a redução que se observa nas curvas da Figura 13.2). Já para a seleção pelo desempenho individual em uma característica de herdabilidade igual a 0,3, a acurácia tradicional é em torno de 55%, sendo que a dispersão dos possíveis valores verdadeiros da DEP é apenas 16% menor.

Em função disso, o órgão que regulamenta as avaliações genéticas nos Estados Unidos da América criou uma nova medida que varia linearmente com a magnitude das possíveis mudanças no valor das DEPs. Essa medida é chamada de acurácia do BIF (BIF, 2002) e é a acurácia utilizada nas avaliações genéticas de gado de corte publicadas nos Estados Unidos da América. A acurácia do BIF é considerada mais conservadora, na medida em que um grande número de filhos é necessário para se atingir valores de acurácia acima de 80%. Na Tabela 13.1, é apresentado o número de filhos necessários para atingir os diferentes níveis de acurácia do BIF para uma característica semelhante ao peso ao desmame (h^2 igual a 0,25) bem como um intervalo de confiança com 95% de probabilidade para as mudanças na DEP quando um animal passa de um nível de acurácia para outro.

Podemos ver na Tabela 13.1 que as mudanças na DEP são maiores quando o animal parte de um valor baixo de acurácia e quando ele acumula muita informação de uma avaliação para outra, ou seja, dá um salto em termos de acurácia. Podemos ver também

TABELA 13.1. Número de filhos necessários no teste de progênie para atingir os diferentes níveis de acurácia do BIF e intervalo de confiança com 95% de probabilidade para a mudança da DEP do peso ao desmame quando se passa de um valor de acurácia para outro.

ACURÁCIA ANTERIOR	NÚMERO DE FILHOS	ACURÁCIA ATUAL				
		20	40	60	80	99
20	11	0,0	15,6	20,4	22,8	23,5
40	36		0,0	13,1	16,6	17,6
60	105			0,0	10,2	11,8
80	481				0,0	5,9
99	200506					0,0

que depois que o animal atinge 80% de acurácia, as mudanças possíveis de sua DEP são bem menores, mesmo com um acúmulo absurdamente grande de informações (mais de 200 mil filhos).

ENTÃO QUAL A ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO?

Depois do que foi dito acima, devemos lembrar que a seleção deve ser feita com base no valor da DEP, independente da acurácia. Além disso, touros jovens, de baixa acurácia, normalmente, são de preço mais baixo e apresentam uma melhor relação preço por unidade de DEP a mais. O impacto das flutuações nas DEPs desses touros sobre o mérito do rebanho pode ser controlado pela utilização de um número maior de touros, de forma a proporcionar menor quantidade de vacas por touro jovem do que normalmente acontece quando se usam touros de alta acurácia. Desta forma, o número de progênies de cada um dos touros de baixa acurácia seria relativamente menor do que seria no caso de touros de alta acurácia. Além do mais, essa estratégia também ajuda na manutenção da variabilidade genética do rebanho e na redução do risco de uma propagação rápida no rebanho de um gene recessivo deletério para o qual um dos touros utilizado possa ser portador. Caso se verifique no futuro que um dos touros transmite algum defeito genético ou tenha uma DEP real muito inferior ao que se havia estimado, os produtos desse touro podem ser mais facilmente eliminados do rebanho já que representam uma parcela pequena dos animais.

Na Figura 13.4 mostramos a distribuição do valor genético verdadeiro de filhos selecionados de touros de baixa e alta acurácia de mesmo valor genético. Os dados foram simulados tomando-se 20 touros para cada situação, que tinham a mesma DEP calculada (a DEP que sai no sumário), mas que tinham DEP verdadeira variável conforme sua acurácia. Os touros de baixa acurácia (20%) correspondem a animais jovens, que concluíram o sobreano de um programa de melhoramento ou uma prova de ganho de peso. Os touros de alta acurácia (80%) correspondem a animais provados, que já tiveram cerca de 500 filhos avaliados. Foram gerados os valores genéticos dos filhos, seus fenótipos, feita uma avaliação genética seguida da seleção dos 20% superiores com base na DEP calculada de cada animal.

Quando olhamos para a DEP verdadeira dos animais selecionados, apesar das médias das DEPs dos filhos dos dois grupos de touros serem a mesma, vemos que nos touros de baixa acurácia a média dos selecionados é 20% superior. Isto se deve ao fato de nos touros de baixa acurácia termos animais muito melhores e muito piores do que sua DEP publicada dizia e, nos selecionados, ficamos apenas com os melhores filhos dos touros que se provaram superiores ao que se esperava. Por isso o ganho é maior. O outro lado da moeda é que do outro lado da curva também temos piores filhos para o grupo de baixa acurácia, isto não é desejável para o criador que quer consistência de produção. Sendo assim, identificamos dois perfis de criadores:

1. Selecionador: aquele que está no topo da pirâmide e depende dos seus animais para obter ganhos. Ele deve usar touros jovens para obter mais ganho;
2. Multiplicador: aquele que está produzindo touros para uso no rebanho comercial a preços mais acessíveis e por isso quer ter um maior aproveitamento dos tourinhos, precisando de consistência. Este deve usar touros provados.

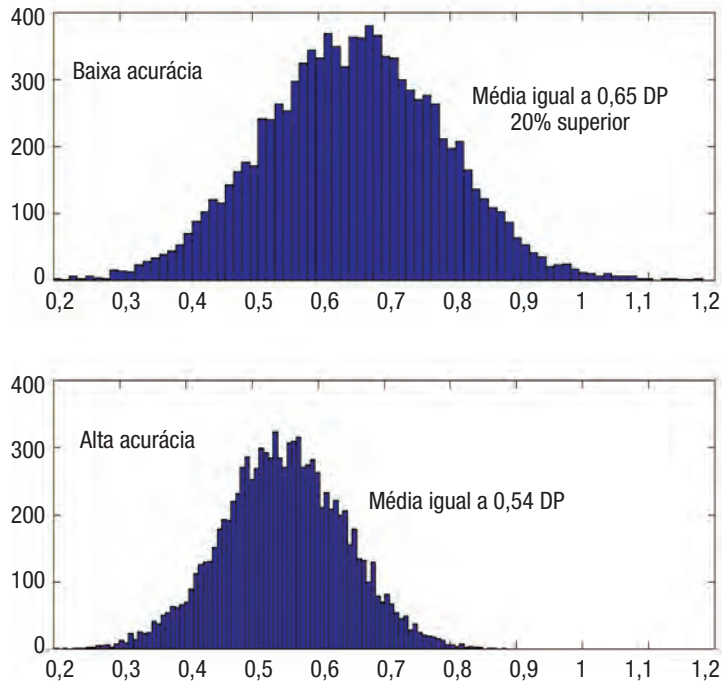


FIGURA 13.4. Distribuição do valor genético verdadeiro dos filhosp selecionados (20% melhores na DEP calculada) de touros (20) de baixa (0,2 ou animal com avaliação de sobreano) e alta acurácia (0,8 ou animal provado com quase 500 filhosp) de mesmo valor genético.

Outra simulação interessante para elucidar os mecanismos de interação dos diversos componentes da taxa anual de ganho é o que apresentamos nos resultados na Figura 13.5. Nele, um rebanho de 1000 matrizes mantidas após a monta, é exposto, juntamente com 200 novilhas selecionadas, a 40 touros. Os touros trabalham por dois anos e a seleção de touros e novilhas é feita com base na DEP recalculada anualmente. A característica é semelhante ao peso ao desmame e se manifesta antes da entrada na vida reprodutiva e tem os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidade igual a 0,25; herdabilidade materna igual a 0,09; razão entre variância de ambiente permanente e variância fenotípica (c^2) igual a 0,09 e correlação genética aditiva direta-materna igual a -0,20.

A Figura 13.5 expressa tendências genéticas de touros e matrizes, em um período de seleção de 20 anos, envolvendo-se um rebanho de 1.000 matrizes e 200 novilhas, sendo cobertas por 40 touros, com renovação de 50% ao ano. Observa-se que machos e fêmeas evoluem na mesma tendência, visto que se acasalam todo ano para formar os produtos da próxima safra. Por isso não faz sentido termos índices diferentes para selecionar machos e fêmeas de uma mesma raça, de um mesmo programa. Outro ponto é que com este rebanho de 1.000 matrizes, utilizando apenas a monta natural, foi obtido um ganho de 1,59 kg/ano, o qual é bem superior ao ganho genético observado na maioria dos programas de melhoramento, mostrando que temos muito espaço para fazer mais e melhor. Além disso, observa-se que a evolução dos touros, por mais que estejamos renovando 20 touros por ano, ainda sofre grandes flutuações.

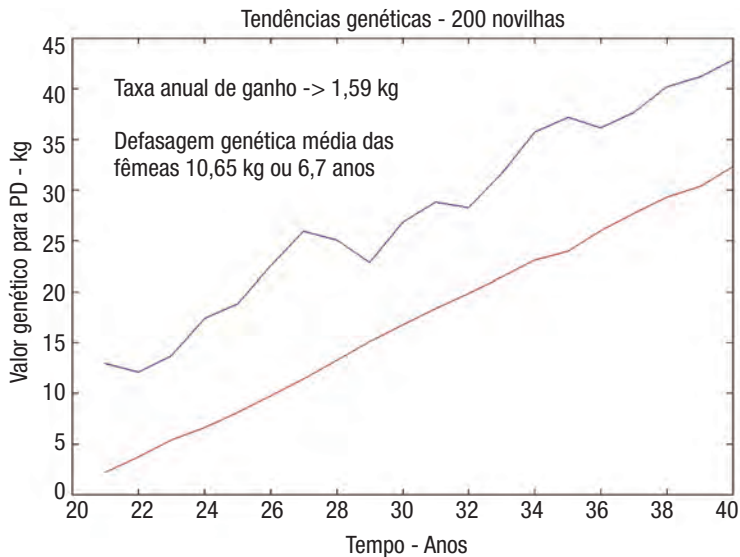


FIGURA 13.5. Evolução do valor genético verdadeiro de touros (linha azul) e vacas (linha vermelha) acasalados anualmente, em um programa de seleção com base nas DEPs, dentro de um rebanho com 1.000 matrizes e 200 novilhas, sendo cobertas por 40 touros com renovação anual de 50% dos touros conduzido por 20 anos.

Outro ponto importante que se pode notar nesta figura é a defasagem genética que existe entre o mérito genético dos touros e das vacas que acasalam. Ela chega a 10,65 kg o que equivale a 6,7 anos de seleção. Assim, quando os acasalamentos acontecem, os produtos machos estão 3,35 anos atrás de seus pais e os produtos fêmeas 3,35 anos a frente de suas mães. Quando eles chegam à idade reprodutiva três anos depois, eles concorrem com os animais do ano anterior, estando os tourinhos jovens 5,35 anos defasados em relação aos touros em uso e as novilhas 1,35 anos a frente das matrizes. Isto tem implicações práticas que veremos a frente.

E A IDADE DO TOURO? EU TENHO QUE ME PREOCUPAR COM ISSO NA SELEÇÃO?

A princípio a resposta é não. Isso pode parecer um tanto contraditório, visto que a taxa anual de ganho é menor, quando o intervalo de gerações é maior. No entanto, a DEP leva em conta o intervalo de gerações e permite comparações de animais de diferentes idades.

Isso ocorre porque a informação da matriz de parentesco é incorporada quando se faz a avaliação genética. Essa informação diz que o animal quando nasce tem mérito genético médio, ou DEP, igual à média do mérito dos seus pais (isso é chamado de índice de pedigree ou DEP futura e é utilizado nos programas de acasalamento e nas comercializações de embriões), portanto, animais mais jovens e que se destacam pelos seus dados de desempenho tendem a ter DEPs semelhantes e até superiores às DEPs de seus pais. Um exemplo disso pode ser compreendido, voltando-se a observação da Figura 13.2. Suponhamos que o animal da curva à esquerda seja um animal da geração anterior,

enquanto que o animal da curva da direita da geração atual, filho de pais superiores. Ambos não têm dados de desempenho, mas o animal da direita, por ser de uma geração mais recente e filho de pais selecionados, tem uma DEP maior. A DEP se encarrega de valorizar os animais jovens fruto de um trabalho orientado de seleção.

Por outro lado existem razões que podem justificar a restrição ao uso de touros mais velhos, mesmo que eles tenham DEPs altas. Uma delas é o fato de já terem sido usados bastante na população e, portanto, a continuação de seu uso pode acarretar em aumento do parentesco médio dos animais do rebanho e uma maior taxa futura de consanguinidade, além dos fatores de risco comentados anteriormente.

Na Figura 13.6 é apresentada a distribuição da idade do touro ao nascimento dos filhos, quando no programa de simulação citado anteriormente, a seleção dos 40 touros para trabalhar anualmente foi feita, livremente, entre os 40 touros do ano anterior e todos os produtos de dois anos de idade disponíveis para a monta, para uma característica semelhante ao peso a desmama, com herdabilidade igual a 0,25, ao longo dos 20 anos de seleção.

O intervalo de gerações dos touros que era de 3,5 anos aumentou, passando para 5,06 anos. Entretanto, a taxa anual de ganho teve um incremento de 25%, passando para 1,98 kg/ano. Isto parece contraditório, mas se deve a um delicado equilíbrio entre o ganho na geração atual e o ganho na próxima safra. Outro ponto é que alguns touros foram usados por mais de 10 anos deixando uma contribuição excessiva no rebanho, o que triplicou o coeficiente de consanguinidade médio após 20 anos. O fato de apenas 36% dos touros selecionados serem de dois anos se deve à defasagem genética de mais de cinco anos em

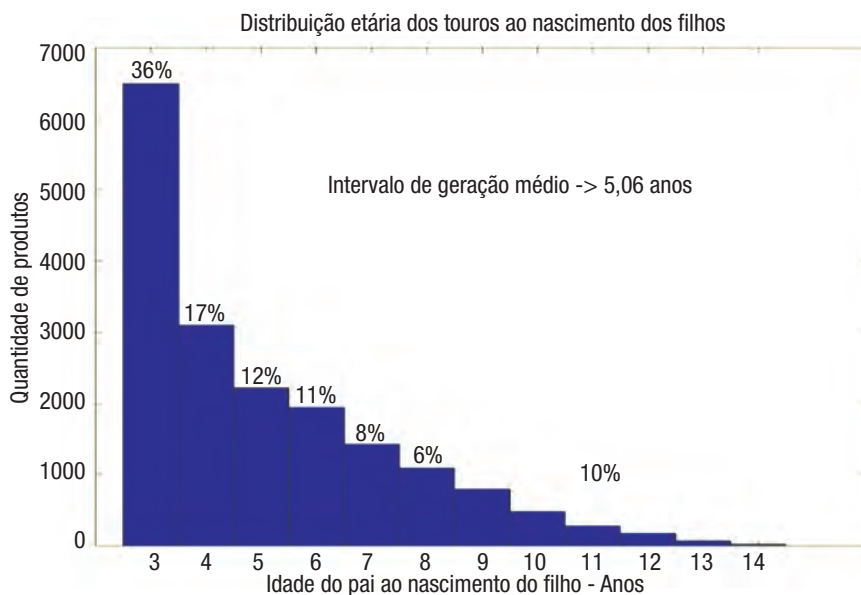


FIGURA 13.6. Distribuição da idade do touro ao nascimento dos filhos, em um programa de melhoramento com 1.000 matrizes e 200 novilhas expostas a 40 touros selecionados com base nas DEPs entre os 40 touros do ano anterior e os produtos de dois anos prontos para a monta, para uma característica semelhante ao peso a desmama (h^2 igual a 0,25) ao longo dos 20 anos de seleção.

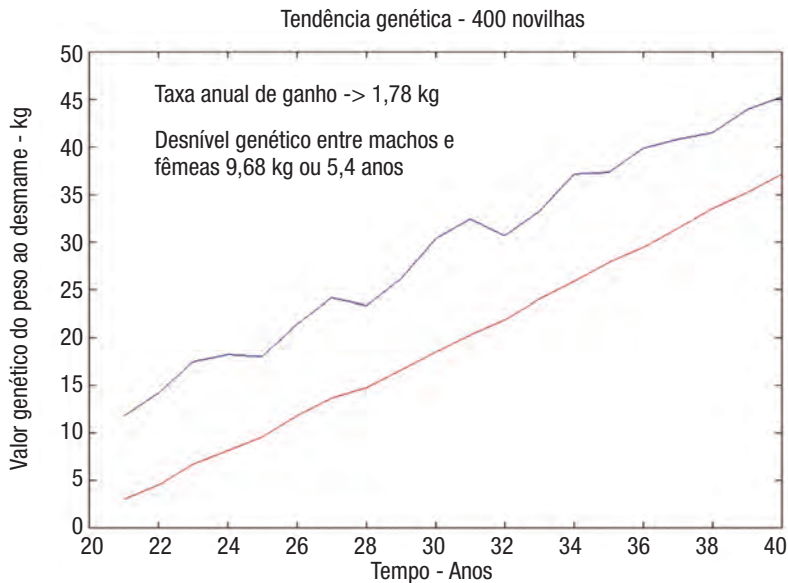


FIGURA 13.7. Evolução do valor genético verdadeiro dos touros (linha azul) e vacas (linha vermelha) acasalados anualmente em um programa de seleção com base nas DEPs em um rebanho com 1000 matrizes e 400 novilhas sendo cobertas por 40 touros com renovação anual de 50% dos touros conduzido por 20 anos.

relação aos touros usados na safra anterior. Assim, apenas 14 ou 15 tourinhos jovens, dos mais de 450 nascidos, chegam a superar os touros em uso, ou seja, cerca de 3%.

Na Figura 13.7 são apresentados os resultados da simulação considerando-se um programa de seleção após a estação de acasalamento, com base nas DEPs, conduzido por 20 anos, em um rebanho com 1.000 matrizes, com 400 novilhas, ao invés de 200, sendo cobertas por 40 touros com renovação anual de 50%. Novamente, o resultado é contra intuitivo pois reduzindo-se a pressão de seleção das novilhas é obtida uma taxa anual de ganho 12% maior, de 1,78 kg/ano. Isto se deve ao fato de as novilhas estarem 1,35 anos a frente das matrizes, sendo que muitas novilhas tomam o lugar de matrizes mais velhas e inferiores, o que pode ser visualizado nas distribuições de idade da vaca ao nascimento da cria nos dois esquemas (200 vs 400 novilhas) apresentadas na Figura 13.8.

Nota-se que neste caso o incremento no ganho genético foi acompanhado por redução no intervalo de geração de fêmeas de 6,4 para 4,8 anos, com intensa seleção das novilhas que representam 29% das fêmeas expostas, mas chegam a representar quase 35% das fêmeas selecionadas. Isto auxilia no incremento da intensidade de seleção de fêmeas e reduz a defasagem das fêmeas em relação aos touros, que caiu de 6,7 para 5,4 anos.

Foi avaliada também a taxa geral de prenhez que não teve uma queda tão acentuada, apesar da grande quantidade de vacas primíparas, visto que as novilhas apresentam alto índice de fertilidade aos dois anos. Além disso, a quantidade de fêmeas expostas (1.400) permitiria obter as 1.000 fêmeas prenhes facilmente, mesmo com uma taxa de prenhez muito menor (71%). Uma preocupação seria o peso médio do bezerro desmamado pelo grande número de fêmeas jovens, mas essa poderia ser uma estratégia em um mercado comprador de genética de matrizes.

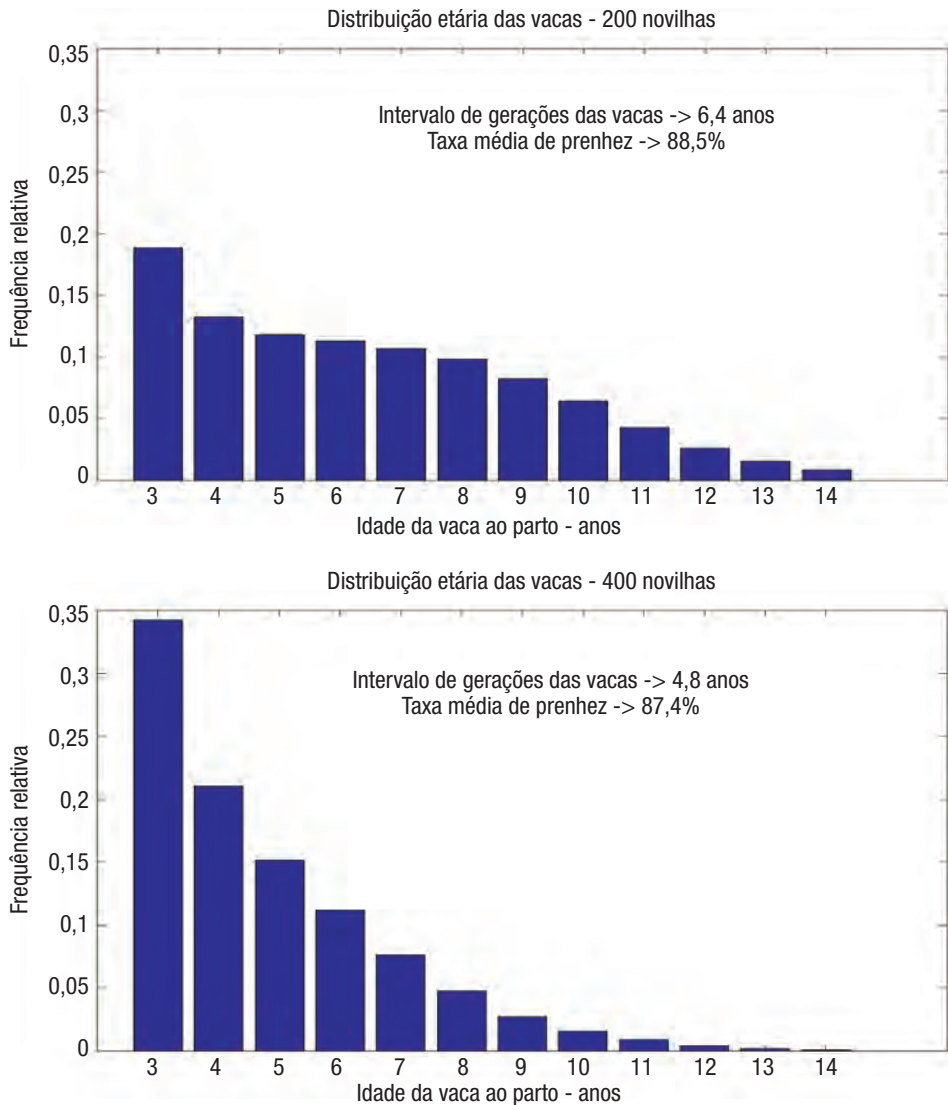


FIGURA 13.8. Distribuição da idade da vaca ao nascimento dos filhos, em um programa de melhoramento com 1.000 matrizes e 200 ou 400 novilhas expostas a 40 touros utilizados por 2 anos, para uma característica semelhante ao peso a desmama (h^2 igual a 0,25) ao longo dos 20 anos de seleção.

E OS OUTROS COMPONENTES DA TAXA ANUAL DE GANHO?

Assim como a acurácia e o intervalo de gerações, a variabilidade genética disponível também já está contabilizada nos valores das DEPs. O único componente da taxa anual de ganho que não está incorporado na DEP é a intensidade de seleção. Ela é estabelecida quando determinamos quais os animais serão utilizados nos acasalamentos e quantos filhos cada um deixará. Quanto maiores forem as DEPs dos animais selecionados, maiores serão as DEPs dos produtos nascidos e maior será a taxa anual de ganho.

Quando se tem um programa de melhoramento estabelecido, é comum se avaliar a taxa anual de ganho pela evolução da média das DEPs dos produtos nascidos ao longo dos anos. Isso é chamado de tendência genética e ajuda a verificar a eficiência do trabalho que vem sendo desenvolvido e/ou detectar eventuais problemas na condução do programa de melhoramento. A inclinação do gráfico de tendência genética corresponde à taxa anual de ganho que foi apresentada no início do texto.

Quanto aos sistemas de acasalamento, eles têm impacto modesto no ganho, visto que a seleção, quando define quais animais e quanto utilizar cada um, já define quase completamente, o mérito genético da safra subsequente. Ao definir como os machos serão combinados com as matrizes selecionadas, o sistema de acasalamento atua no ganho na seleção da geração seguinte de três maneiras: 1) evitando consanguinidade; 2) evitando descarte involuntário e 3) aumentando a variabilidade genética disponível.

O controle da consanguinidade é feito evitando o acasalamento de parentes. A partir do conhecimento do pedigree, o parentesco entre todos os animais é calculado e se impõe limites ao nível máximo de parentesco dos animais que estão acasalando. Na prática, o limite vai depender da população que se está trabalhando, mas um nível razoável é evitar o acasalamento de animais que tenham pelo menos um avô em comum o que resulta em 6,25% de parentesco ou 3,125% de consanguinidade. A endogamia ou consanguinidade tem por efeito principal o aumento da homozigose, que leva a perda de vigor dos animais, principalmente para características reprodutivas, reduzindo o número de animais produzidos e a economicidade da atividade; aumento da taxa de aparecimento de defeitos genéticos relacionados a genes com alelo recessivo deletério, o que pode aumentar muito a taxa de descarte involuntário e facilitar a perda aleatória de alelos por amostragem, levando ao esgotamento da variabilidade sem que ela seja explorada para obtenção de ganho.

Outro ponto em que o acasalamento atua, é na intensidade de seleção que poderá ser aplicada na próxima safra. Evitando o aparecimento de defeitos nos animais da nova safra, ele evita o descarte involuntário, deixando mais opções para o selecionador. Isto pode ser feito tanto para características fenotípicas quanto para as DEPs. De uma forma simples, basta evitar acasalar animais com o mesmo problema. Nas DEPs, uma forma de fazer isto é estabelecendo limites mínimos para a DEP futura dos acasalamentos recomendados. O impacto do descarte involuntário, avaliado no programa de simulação de rebanho, mostrou que, se ao invés de selecionarmos os 20 melhores touros para reposição anualmente, selecionarmos ao acaso (ou com base em qualquer outro quesito não relacionado ao objetivo de seleção) 20 touros entre os 80 melhores tourinhos (situação comum na prática) o ganho genético cairia de 1,59 kg/ano para 1,24 kg/ano, uma perda de 22% do ganho.

Quanto ao seu impacto na variabilidade genética disponível, podemos orientar o acasalamento dos machos de DEPs melhores com as fêmeas de DEPs melhores ou com as fêmeas de DEPs piores. No primeiro caso, temos o acasalamento de semelhantes que tem como resultado uma maior variabilidade nas DEPs e uma taxa de ganho um pouco maior à custa de um possível aumento na consanguinidade (BIJMA, 2000). O segundo caso é o que se chama de acasalamento corretivo, quando o objetivo é evitar produtos com valores ruins de DEP para uma ou outra característica, acasalando as vacas com touros que tenham DEPs altas para aquelas características que ela tem DEPs baixas. Esse sistema resulta numa maior uniformidade dos produtos nascidos e pode causar uma

taxa de ganho um pouco menor, mas ajuda no controle da consanguinidade à medida que tende a igualar as chances que cada um dos reprodutores selecionados tem de contribuir para as gerações futuras.

Na Figura 13.9 apresentamos o resultado da simulação do rebanho de 1.000 matrizes e 200 novilhas com uso dos touros por dois anos e com renovação de 50% dos touros por ano, mas com o emprego do acasalamento entre semelhantes. Nota-se que a taxa anual de ganho saltou de 1,59 kg/ano para 2,08 kg/ano, um incremento de 31% na taxa de ganho. Por outro lado, o uso intenso dos descendentes de alguns touros, favorecidos pelas matrizes com as quais foram acasaladas, causou uma taxa de consanguinidade média de 6% ao final de 20 anos. Isto representa quase cinco vezes a consanguinidade obtida no esquema de acasalamento ao acaso.

Em rebanhos grandes, que utilizam a monta natural, esta pode ser uma estratégia razoável, visto que o número de touros utilizados é alto e a taxa de consanguinidade inicial é baixa. Na prática, isso seria quase equivalente a subdividirmos nosso rebanho em um núcleo Elite, que recebe as melhores vacas, e um extrato Multiplicador, que recebe as vacas inferiores e está produzindo, predominantemente, material para comercialização. Por outro lado, em rebanhos menores e fechados, onde o controle de consanguinidade é mais crítico, este acasalamento de semelhantes é problemático.

Na Figura 13.10 apresentamos o efeito que o mérito das matrizes tem sobre a chance de seu filho chegar a ser selecionado para touro. Em gado de leite são comuns os termos touros, vacas mães de touros, animais líderes de sumário e recordistas de produção, que

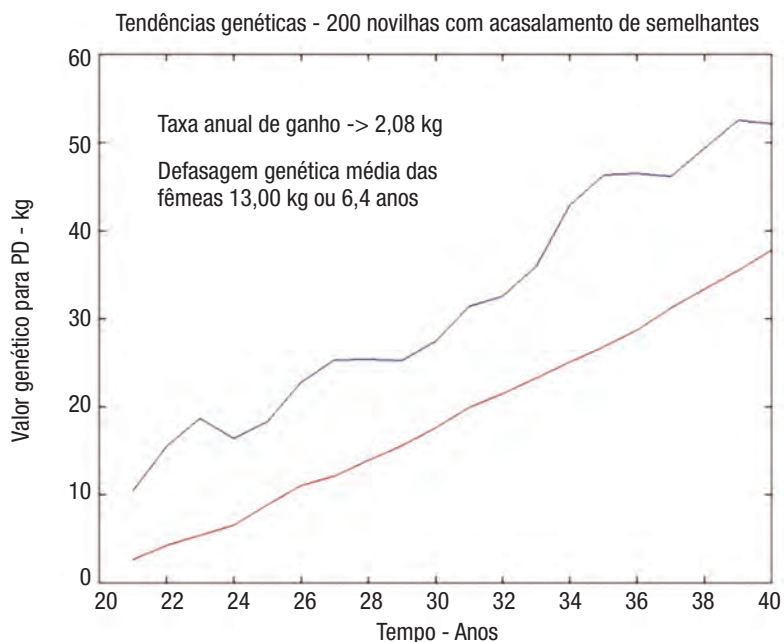


FIGURA 13.9. Evolução do valor genético verdadeiro dos touros (linha azul) e vacas (linha vermelha) acasalados anualmente, em um programa de seleção com base nas DEPs em um rebanho com 1.000 matrizes e 200 novilhas, cobertas por 40 touros com acasalamento entre semelhantes e renovação anual de 50% dos touros, conduzido por 20 anos.

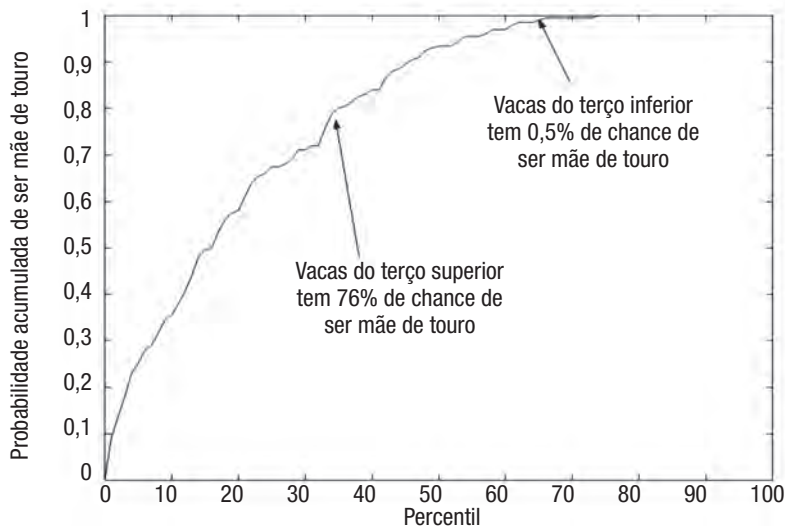


FIGURA 13.10. Distribuição acumulada da probabilidade da vaca ser mãe de touro de acordo com seu percentil, em um programa de melhoramento com 1000 matrizes e 200 novilhas expostas a 40 touros utilizados por 2 anos, para uma característica semelhante ao peso a desmama (h^2 igual a 0,25), ao longo dos 20 anos de seleção.

são utilizados para produzir os tourinhos para teste. Em gado de corte, muitas características se manifestam antes do animal entrar em reprodução, assim o fenótipo do animal interfere na sua avaliação e na definição se ele será escolhido. Entretanto, a contribuição de seus pais (sua DEP de pedigree) interfere bastante na sua chance de atingir valores mais altos de DEP e ser selecionado. Isto é mais nítido na escolha de touros, onde a seleção é mais rígida.

Podemos ver na Figura 13.10, que 76% dos tourinhos escolhidos foram gerados por matrizes que no momento do acasalamento tinham percentil no terço superior e que apenas 0,5% dos tourinhos escolhidos foram gerados por matrizes do terço inferior. Pensando nisso, poderíamos dividir nosso rebanho de matrizes em um núcleo Elite, formado pelas 50% melhores matrizes, onde seriam utilizados touros jovens para obter altos ganhos, e em um extrato multiplicador formado pelas 50% piores onde seriam utilizados touros já provados e que deram contribuição suficiente para o rebanho, buscando uma produção com consistência para venda de tourinhos e, quem sabe, aproveitar algumas matrizes no rebanho.

NÃO DÁ PARA SER MAIS SIMPLES?

Apesar da interpretação prática da DEP, o grande número de características existentes, bem como a constante mudança na base genética (base móvel), e até mesmo a recente introdução dessa ferramenta em alguns programas de melhoramento de gado de corte, dificulta a familiarização com os valores de uma DEP boa ou de uma DEP ruim. No sentido de facilitar a rápida identificação de um animal com DEP boa ou ruim foi introduzido no melhoramento o uso das classes de percentil.

Os percentis são os limites de cada um por cento de um grupo de valores ordenados. Dessa forma, a primeira classe de percentil para a DEP é o grupo de 1% dos animais que possui os melhores valores de DEP, da mesma forma os animais que tem classe de percentil menor que 20 são os 20% que possuem as melhores DEPs. A classe de percentil informa a dificuldade que se tem em achar no rebanho um animal com DEP tão boa ou melhor do que a DEP do animal em questão. Todo mundo entende facilmente que os top 20-25% dos produtos (classe de percentil menor que 25) podem ser comercializados como touros (vide regulamentação do CEIP), que os touros com DEP top 1% (classe de percentil 1) só se acha um a cada 100 animais avaliados e, portanto, são mais valorizados e normalmente atingem os maiores preços nos leilões, são escolhidos para participar de testes de touros jovens e/ou são touros de Centrais de Inseminação.

Uma opção semelhante é o uso das decas que correspondem a grupos de 10% dos animais classificados quanto ao valor das suas DEPs. Assim, os animais deca 1 são os 10% melhores, os deca 2 são os 10% logo abaixo e assim por diante até os deca 0 (ou 10) que são os 10% piores. Essa medida propicia uma menor discriminação dos animais, dando o mesmo valor (mesma deca) a um grande número de animais.

E ESSA HISTÓRIA DE EFEITO DIRETO, MATERNO, TOTAL MATERNAL?

O efeito direto é aquele em que o touro de DEP alta passa os alelos favoráveis para o bezerro que cresce sob a influência de seus alelos e apresenta um peso ao desmame superior. O efeito materno representa o efeito de outro genótipo (o da vaca, principalmente pela produção de leite) sobre a característica do bezerro, como o peso ao desmame. Uma maneira prática de se compreender a DEP maternal de um touro é defini-la como a diferença entre a produção dos netos de um touro quando ele é avô materno e a produção de seus netos quando ele é avô paterno. Todos os dois netos recebem metade da DEP direta do touro, mas somente os filhos das filhas desse touro recebem a influência da produção leiteira dessas fêmeas determinada pela DEP maternal.

Por outro lado, o que interessa quando se está selecionando um touro para produzir boas fêmeas é a qualidade do bezerro produzido e essa qualidade depende das duas DEPs (direta e materna), conforme foi dito acima. Portanto, foi estabelecida uma combinação de metade da DEP direta mais a DEP maternal que se passou a chamar de Total Maternal. O Total Maternal mede a contribuição do touro para a produção de seus netos por intermédio de suas filhas e, portanto, é uma ferramenta para quando se quer selecionar touros para a produção de novilhas de reposição.

Um fato interessante se deve aos efeitos diretos e maternos se manifestarem na mesma medida que é o peso ao desmame do bezerro. Se considerarmos o exemplo da simulação citada anteriormente, onde 200 novilhas e 20 tourinhos são selecionados pela DEP para o efeito direto sobre o peso ao desmame anualmente e expostos à reprodução, esperamos, com base no ganho de 1,59 kg/ano, um decréscimo de 0,19 kg/ano pela resposta correlacionada negativa para o efeito materno, entretanto isto não se observa, com tendência praticamente nula para o efeito materno. Isto acontece porque quando pegamos os animais jovens de maiores DEPs para peso ao desmame, boa parte se deve ao fato de terem desmamado pesados, o que tem correlação positiva com o efeito materno, anulando a seleção contra o efeito materno, que ocorre na parte referente ao pedigree, onde

a separação dos efeitos diretos e maternos é mais precisa. Por isso, quando trabalhamos com seleção de animais jovens, a preocupação com a queda no efeito materno devido à resposta correlacionada não se justifica.

E OS ÍNDICES? POR QUE ELES EXISTEM E PARA QUE SERVEM?

A pecuária de corte é uma atividade complexa. Várias características produtivas e reprodutivas do gado de corte interferem na eficiência do sistema de produção. Em vista disso, o processo de melhoria da qualidade do rebanho para aprimorar a eficiência do sistema de produção, normalmente, envolve a medição e a avaliação de várias características.

Na medida em que se têm duas ou mais características para se fazer a seleção, o processo se torna bastante complexo e o uso de um índice geral único na seleção passa a ser bastante atrativo. Além disso, em algumas situações, os índices têm propriedades conhecidas superiores às outras técnicas de seleção, envolvendo várias características. Para isso, é importante que se conheça os chamados valores econômicos das características avaliadas (o quanto de aumento na lucratividade para cada unidade de aumento da característica em questão), o que requer a especificação completa do sistema de produção acompanhada de uma análise econômica.

Entretanto, em vista das dificuldades envolvidas no processo de avaliação econômica, ou até mesmo para se definir um sistema de produção para a pecuária brasileira tão heterogênea, todos os programas de melhoramento de gado de corte existentes hoje no Brasil partem para a utilização de índices empíricos, utilizando pesos relativos, nos quais as DEPs são padronizadas, multiplicadas pelo peso relativo e somadas para formar o índice. A questão que fica é: quanto será que esses índices estão próximos do índice ideal (baseado nos pesos econômicos)? Será que não estamos comprometendo todo um esforço de seleção colocando ênfase demasiada em características irrelevantes? Todavia, até que se consiga chegar à situação ideal, só nos resta continuar utilizando as ferramentas que dispomos, mas muita atenção e bom senso devem ser utilizados na hora de se estabelecer um índice empírico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão dos conceitos básicos apresentados ao longo deste capítulo permite ao selecionador de gado de corte estabelecer estratégias de seleção que maximizarão o melhoramento genético de seu rebanho. Ademais, possibilita a análise crítica e consciente das informações disponíveis, tornando o processo de tomada de decisão mais criterioso e seguro.

FONTES DE REFERÊNCIA

- BIF – Beef Improvement Federation. Guidelines for uniform beef improvement programs. 8th edition. 2002. 161p.
- SILVA, L.O.C.; NIETO, L.M.; ROSA, A.N. Avaliação de touros jovens: manual de instrução e operação. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003. 38p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte; 61).
- VAN VLECK, L.D. Selection index and introduction to mixed model methods. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 1993. 481p.

USO DOS SUMÁRIOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA NOS PROCESSOS DE SELEÇÃO E ACASALAMENTO

**Luiz Otávio Campos da Silva
Paulo Roberto Costa Nobre
Roberto Augusto de Almeida Torres Junior
Andrea Gondo
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes**

INTRODUÇÃO

Os sumários de avaliação genética têm se tornado cada vez mais populares entre os selecionadores de gado de corte. Eles têm tido grande utilização tanto nos processos de seleção, descarte e acasalamento, como no momento da comercialização de animais, sêmen e embriões. Portanto, entender como os sumários são elaborados e suas diferenças, bem como a aplicação destas ferramentas, é importante para uma adequada condução de um programa de melhoramento.

Para apresentar a utilização do sumário na prática do melhoramento genético, será utilizado como referência o *software* do Programa Geneplus (Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte) no qual são disponibilizados aos seus parceiros os resultados das avaliações genéticas relativas dos seus rebanhos.

O QUE SÃO OS SUMÁRIOS?

Sumários são documentos onde estão presentes as estimativas das Diferenças Esperadas nas Progênies (DEPs) dos indivíduos pertencentes a uma população que participaram de uma dada avaliação genética. As DEPs reunidas nos sumários são relativas ao conjunto de características eleitas pelo Programa de Melhoramento que agrega estes rebanhos. Os sumários podem apresentar além das DEPs dos touros, aquelas relativas às matrizes (vacas) e aos seus produtos (machos e fêmeas).

Desta forma, os sumários se apresentam como uma ferramenta que dá suporte ao selecionador nos procedimentos de seleção, descarte e acasalamentos necessários para que se possa alcançar o progresso genético pretendido. É necessário que seja lembrado que a qualidade de seu conteúdo (as estimativas das DEPs) está relacionada à qualidade de todo sistema que envolve a coleta, armazenamento e envio dos dados ao grupo responsável pelas análises pertinentes. Sempre se comenta que, para que as estimativas geradas sejam de boa qualidade, os dados fornecidos têm que ter qualidade.

COMO SÃO ELABORADOS?

A elaboração de um sumário deve estar de acordo com o programa de melhoramento, isto é, primordialmente o documento deve apresentar os resultados de estimativas relativas às características que constituem o objetivo dos criadores. Estimativas estas que podem ser incluídas no critério de seleção praticado por um criador ou grupo de criadores. Para que isso seja possível, todos os procedimentos relativos à coleta, armazenamento e envio de dados devem ser entendidos e praticados com correção por todos os participantes do programa de melhoramento.

Outro ponto importante é o estabelecimento de grupos contemporâneos. Sempre é oportuno lembrar que as comparações devem ser feitas considerando-se as oportunidades dadas a cada animal. A falta de uma definição correta de grupos de contemporâneos pode atribuir a causas genéticas algumas diferenças provocadas por fontes não genéticas. De outra forma, a falta de conhecimento de possíveis causas de variação, irá inflacionar o componente relacionado ao erro, diminuindo a precisão das estimativas dos valores genéticos. Tem-se como obrigatória a realização de um rigoroso processo, onde se avalia a consistência dos dados. Para bom entendimento dos resultados obtidos, todos os passos percorridos devem estar documentados no corpo dos sumários. Informações adicionais quanto à descrição das características, bem como definições pertinentes ao uso adequado das informações não devem ser omitidas.

POR QUE APRESENTAM DIFERENTES RESULTADOS?

No Brasil, particularmente para a raça Nelore, podem ser encontrados diversos sumários onde são apresentadas estimativas de avaliações genéticas, que não raro, divergem entre si, causando inacabáveis discussões entre criadores, técnicos e principalmente entre criadores e técnicos. Por que isto acontece?

Isto não só acontece como é previsível que aconteça. A primeira causa se refere ao fato que os conjuntos de dados que constituem o banco de dados de cada um dos programas de melhoramento são diferentes, podendo ainda passar por diferentes procedimentos de análise. Outra causa é que as definições das características podem ser diferentes, assim como o procedimento de cálculo das mesmas. Some-se a isto a constituição dos grupos de contemporâneos que influenciam sobremaneira tanto o processo de análise de consistência quanto o resultado das características a serem avaliadas. Além disso, as diferenças entre os diferentes grupos são as distintas bases genéticas, além da metodologia utilizada para a obtenção dos agora populares percentis.

Antes, os sumários traziam apenas as estimativas relativas somente às características. Sabendo-se que os animais que são selecionados incluem todas as características avaliadas, os elaboradores dos sumários passaram a apresentar índices incluindo diferentes características ponderadas quanto à sua importância. Esta é outra grande fonte de divergência e confusão. Cada programa de melhoramento tem um índice que inclui diferentes características, ponderadas de forma diferente, tendo referenciais distintos e, por vezes, alteradas suas ordens de grandeza.

São diferentes os criadores, que têm diferentes objetivos, interesses e mercados a atender, e conseqüentemente têm diferentes critérios de seleção. Cabe observar que aqui não estamos julgando uma ou outra conduta. Pensamos até que dado criador possa ter mais de um critério de seleção para possibilitar atender diferentes mercados. O que gostaríamos de enfatizar é que, com base em todas estas fontes que provocam variação, NÃO se pode comparar os resultados de diferentes sumários.

COMO AS DEP'S CHEGAM AO PARCEIRO DO PROGRAMA GENEPLUS

Os resultados das estimativas das DEPs são disponibilizados aos selecionadores do Geneplus de forma informatizada por meio de *software* próprio que possibilita ampla interação ao usuário. O *software* apresenta três ambientes principais. O primeiro ambiente (Figura 14.1, *SUMÁRIOS*) refere-se aos sumários propriamente ditos. O segundo ambiente (Figura 14.2, *ACASALAMENTOS*) refere-se aos procedimentos relacionados às possibilidades de simulação de acasalamentos a serem realizados. No último ambiente (Figura 14.3, *OUTRAS INFORMAÇÕES*) são apresentadas várias informações relacionadas ao rebanho em questão.

No ambiente *SUMÁRIOS* (Figura 14.1), pode ser escolhido qual sumário se deseja consultar, tendo-se as opções **Sumários de Touros** (*Todos; Usados na Fazenda; Em Centrais*); **Sumário de Matrizes** (que pertencem à fazenda) e **Sumários de Produtos** (*Geral; Machos; Fêmeas*). Além dos sumários por categoria, encontram-se disponíveis as opções **Todos os Animais** (referente a todos os touros usados, matrizes e produtos) e **Sumário Anterior** (quando se deseja retornar ao último sumário consultado).

No ambiente *ACASALAMENTOS* (Figura 14.2), estão disponíveis duas opções: a primeira, **Avaliar Acasalamentos**, refere-se ao módulo que calcula as DEPs, Índices de Qualificação Genética (IQGs), coeficientes de consanguinidade, classes e percentis dos acasalamentos, entre os pares de pais que podem ter sido escolhidos por meio dos sumários ou diretamente neste mesmo módulo. A outra opção é a de **Ver Acasalamentos**, onde é possível consultar os resultados dos acasalamentos já realizados.



FIGURA 14.1. Tela do software no ambiente *SUMÁRIOS*.



FIGURA 14.2. Tela do software no ambiente *ACASALAMENTOS*.

No ambiente *OUTRAS INFORMAÇÕES* (Figura 14.3) são apresentadas sete opções. Na primeira são apresentadas as **Tendências Genéticas & Médias Gerais**, permitindo visualizar os gráficos das tendências genéticas da fazenda e do programa como um todo, bem como as médias fenotípicas e das DEPs das características do programa. Na segunda constam as **Médias das DEPs por Ano**, onde são encontradas para cada uma das características as médias das DEPs relativas à fazenda e ao programa, por ano. Outra opção é referente aos **Touros usados x Ano**, na qual estão relacionados os touros (RGD, nome, IQG e percentil) e o número de filhos no programa, por ano em que foram utilizados.



FIGURA 14.3. Tela do software no ambiente *OUTRAS INFORMAÇÕES*.

Uma quarta opção é a de **Reativar Animais**, a qual permite a recuperação de algum animal desativado dos sumários. As demais opções: **Sobre**, **Manutenção** e **Ajuda** são, respectivamente, informativa, reparo no *software* e de instruções para utilização do aplicativo.

DESDOBRAMENTO DO AMBIENTE SUMÁRIOS

As opções inseridas no ambiente *SUMÁRIOS* fornecem os mesmos relatórios, opções de filtros e cálculo de índices. Somente é alterado o conjunto de animais a que se refere. Tomando como exemplo, o **Sumário de Touros Usados Na Fazenda**, os resultados da avaliação genética são apresentados como na Figura 14.4.

Observa-se que, independentemente da opção do sumário escolhido, **Touros**, **Matrizes** ou **Produtos**, os resultados são apresentados em quatro grupos: **Pesos** (agrupa os resultados para pesos); **Ganho – Conformação** (agrupa os resultados para ganho pós-desmama e conformação frigorífica à desmama e ao sobreano); **Reprodução** (agrupa os resultados para idade ao 1º parto, perímetro escrotal à desmama e ao sobreano e peso da vaca à desmama de sua cria); e **Carcaça** (agrupa os resultados para área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmoreio).

A partir dos resultados é possível estabelecer índices envolvendo as DEPs. O estabelecimento de um índice tem por objetivo agregar, em um único valor classificatório, a contribuição genética de um animal nas características, definidas para a seleção, considerando-se os respectivos graus de importância. Cada vez que se calcula um índice, um percentil geral é calculado para dar a noção de posicionamento do animal, a sua classe, além do número de rebanhos e de filhos avaliados para o peso à desmama que se encontra disponível em **Índice – IQG/GP**.

Outro recurso disponível é a opção de **Filtro**. Na Figura 14.5, várias opções de filtros são disponibilizadas, com a possibilidade de se utilizar diferentes combinações.

Embrapa		GENE PLUS		Embrapa		Resultados da Avaliação Genética		- Edição Março 2012 -															
Gado de Corte		- PESOS -		Nº animais: 182		Base: Touros Faz																	
6. TM120 (kg)		7. PD (kg)		8. TMD (kg)		9. PS (kg)																	
1. Identidade		2. Alfabética		3. Nascimento		4. PN (kg)		5. P120 (kg) EM															
A = Acasalamento, S = Sumário, Contribuiu c/ peso: 1=Desmama, 2=Sobreano		PN (kg) P120 (kg) EM		PD (kg)		PS (kg)		3 desmama															
Ord	A	S	1	2	Identidade	Nome	Sexo	Clas	Dep	Dep	TM	Dep	TM	Dep	PS	Reb	Filhos						
1					2234	GAPO DA IND	T		-0,09	-1,45	-3,29	-5,04	-4,54	-3,89									
2					2432	V NARAYANA IMP	T		-0,11	-1,34	-3,89	-3,17	-5,42	-12,21	3	25							
3					2668	FAND-HA IMP	T		-0,20	-0,80	-0,62	-0,25	-0,42	-1,65									
4					2822	TAJ MAHAL IMP	T	1	-0,57	0,76	-0,93	-5,03	-1,15	-4,06	6	53							
5					2850	NAGPUR IMP	T		-0,26	-0,68	-1,60	-3,19	-1,87	0,39	1	3							
6					3326	CHEDU	T		-0,27	-0,49	-1,22	-2,31	-2,11	-3,36									
IQG: -1,56										AT: 99,0 %		POP: 95,0 %		Acurácia: 11		1		7		9		CC: 0,00 %	
Nome: GAPO DA IND										AT%Clas: 28,0 S 98,0 I 99,0 I 99,0 I 99,0 I 99,0 I		Nascimento: 06/1962											
Pal: V NARAYANA IMP										POP%Clas: 41,0 S 89,0 I 95,0 I 95,0 I 94,0 I 95,0 I													
Avó Mat.: MACRO DA IND																							
Procurar - L:		Nome =		Identidade =		Localizar		Próximo		Nº animais: Acasalamento = 0		Reprodução		Ficha do Animal		Filtrar - K							
										Sumário = 0		Ganho - Conformação		Para Planilha - X		Zoom							
												Carcaça		Imprimir		Legenda							
												Índice - IQG/GP		Régua de DEPs		Voltar							

FIGURA 14.4. Resultados da avaliação genética para a opção *Touros Usados Na Fazenda*.

Embrapa		GENE PLUS		Embrapa		Resultados da Avaliação Genética		- Edição Março 2012 -	
Gado de Corte		- FILTROS -		Nº animais: 50		Base: Touros Faz			
Características	Intervalo Válido	Dep Mínima	Dep Máxima	Acurácia Mínima	% Mínimo	Nascidos entre: e			
PN (kg)	-0,67 a 0,81					Sexo: <input type="radio"/> Machos <input type="radio"/> Fêmeas <input checked="" type="radio"/> Todos			
P120 (kg) EM	-5,79 a 5,34					Com filhos nos últimos anos			
TM120 (kg)	-5,40 a 7,10					IQG AT%: ABAIXO de: ACIMA de:			
PD (kg)	-11,86 a 13,68	5,00	10,00			CONSANGUIDADE: Manter ABAIXO: %			
TMD (kg)	-7,56 a 10,28					Central: -			
PS (kg)	-12,21 a 22,75					Nº filhos avaliados Desm.: ACIMA de:			
GPD (g/dia)	-22,44 a 45,29					Nº rebanhos com Desm.: ACIMA de:			
CFD (1-6)	-0,26 a 0,39					<input checked="" type="radio"/> Identidade <input type="radio"/> Nome contém:			
CFS (1-6)	-0,22 a 0,42					Tipo de Filtragem		Total: 182	
PED (cm)	-0,30 a 0,49					<input checked="" type="radio"/> Atender todos filtros		Filtrados: 50	
PES (cm)	-1,03 a 1,59					<input type="radio"/> Atender alguns filtros		Limpar Filtros	
IPP (dias)	-73,09 a 58,38					Puxar todos		Processar Filtros	
PVD (kg)	-13,51 a 22,59					Puxar marcados		Voltar	
AOL (cm2)	-1,02 a 2,07					Puxar FILHOS			
EGS (mm)	-0,92 a 1,34					Excluir marcados			
MAR (0-10)	-0,12 a 0,16								

FIGURA 14.5. Tela com a apresentação da opção *Filtro*.

Índice de qualificação genética – Geneplus (IQG/GP)

Para utilizar a opção de estabelecer algum índice, encontra-se a opção Índice – IQG/GP, apresentado na Figura 14.6. Originalmente, todos os animais já vêm com um índice padrão calculado, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{IQG} = 5\% \cdot \text{TM120} + 20\% \cdot \text{PD} + 15\% \cdot \text{TMD} + 20\% \cdot \text{PS} + 20\% \cdot \text{GPD} + 5\% \cdot \text{CFS} + 5\% \cdot \text{PES} + 10\% \cdot \text{IPP},$$

Embrapa GENE PLUS Embrapa Resultados da Avaliação Genética - Edição Março 2012 -

- IQG/GP - Nº animais: **182** Base: **Touros Faz**

Índice de Qualificação Genética - Geneplus (IQG/GP): à desmama

Ord	A	S	1	2	Identidade	Nome	Sx	Ci	Cc	Ano	IQG/GP	AT%	C	POP%	C	Reb	Filhos
1					AAAP1653	BACKUP	T	U	5,09	10/2000	4,80	0,1	E	0,1	E	45	953
2					IZSN3832	PROVADOR	T	U	4,63	10/1995	3,61	0,1	E	0,1	E	38	757
3					APBJ1909	BIG DOBJ	T	U	3,56	09/1998	3,45	0,5	E	0,1	E	45	975
4					Q5550	GARIMPEIRO DA AT	T	U	4,28	07/1992	3,44	0,5	E	0,1	E	71	1543
5					SEEN2025	NAVALAN TESTRELAS	T	U	3,54	01/2001	3,43	0,5	E	0,1	E	4	31

Faj: FAJARDO DA GB Avô Mat: PAPULO
A = Acasalamento, S = Sumário, Contribuiçã o peso: 1=Desmama, 2=Sobreano

Preencha com valores até 100%:

PH (kg) | TM120 (kg) | TMD (kg) | 15 GPD (g/dia) | 20 CFS (1-6) | PES (cm) | PVD (kg) | EGS |
P120 (kg) | PD (kg) | PS (kg) | 20 CDF (1-6) | PED (cm) | IPP (dias) | AOL | MAR | Limpar

Total = 100 % Calcular IQG/GP Alternativo Calcular IQG/GP Sugerido Testar IQG/GP Puxar PESOS: Alternativo Sugerido

Procurar - L: Nome = | Nº animais: | Pesos | Ficha do Animal | Filtrar - K
Identidade = | Acasalamento = 0 | Reprodução | Para Planilha - X | Zoom
Sumário = 0 | Ganho - Conformação | Imprimir | Legenda
Localizar Próximo Limpar coluna: A S | Carcaça | Régua de DEPs | Voltar

FIGURA 14.6. Uso da opção para cálculo do IQG/GP.

Em que:

TM120 = Total Materno aos 120 dias (kg);

PD = Peso à Desmama – Efeito Direto (kg);

TMD = Total Maternal à Desmama (kg);

PS = Peso ao Sobreano (kg);

GPD = Ganho médio diário pós-desmama (g/dia);

CFS = Conformação Frigorífica ao Sobreano (escores de 1 a 6);

PES = Perímetro Escrotal ao Sobreano (cm);

IPP = Idade ao Primeiro Parto (dias).

Caso seja de interesse o estabelecimento de outro índice, novos valores para os graus de importância são inseridos para cada uma das características.

DESDOBRAMENTO DO AMBIENTE ACASALAMENTOS

Para gerar as DEPs de acasalamentos, encontra-se disponível a opção **Avaliar Acasalamentos**, representada na Figura 14.7. Este recurso, em síntese, permite definir pais e mães, calcular coeficiente de consanguinidade, calcular DEPs, percentis e classes, filtrar os resultados desejáveis e imprimir relatórios e fichas individuais.

A seleção dos pais por meio do sumário está apresentada na Figura 14.8.

Após terminar os cálculos, a tela apresentada na Figura 14.9 será apresentada.

As DEPs dos acasalamentos são apresentadas em forma de sumário, igualmente aos resultados em outras categorias. Duas opções de ações são disponibilizadas ao usuário: **Impressão** ou **Exclusão**. Além disso, a opção **Filtrar** tem as mesmas funções dos demais sumários.

Embrapa GENE PLUS Embrapa Resultados da Avaliação Genética - Edição Março 2012 -

- MÓDULO PARA AVALIAR ACASALAMENTOS -

Defina os touros e matrizes dos acasalamentos, marcando os animais nos sumários ou localizando-os na tabela abaixo. Para isso, informe o **sexo** e digite o **nome/número** do animal e quando encontrá-lo, clique em **Escolher**. Para iniciar o cálculo, clique no botão **Avaliar Acasalamentos**.

Animais	Identidade	Sx	Ficha	Escolher
TAJ MAHAL IMP.	2822	T	Ficha	Escolher
KARVADI IMP.	3987	T	Ficha	Escolher
V.NARAYANA IMP.	2432	T	Ficha	Escolher

Procure animal
 Fêmea Macho
 Nome: _____
 Identidade: _____
 Localizar Próximo

Clique duas vezes sobre o nome do animal para ver a **ficha** e marque para excluir:

0	

Pais escolhidos: 0 Excluir Pais Marcados Mães escolhidas: 0 Excluir Mães Marcadas

Limpar lista de PAI Limpar Marcas Limpar lista de MÃE Limpar Marcas

Limpar tudo Avaliar Acasalamentos Ver Acasalamentos Zoom Voltar

FIGURA 14.7. Representação da opção *Avaliar Acasalamentos*.

Embrapa GENE PLUS Embrapa Resultados da Avaliação Genética - Edição Março 2012 -

- MÓDULO PARA AVALIAR ACASALAMENTOS -

Defina os touros e matrizes dos acasalamentos, marcando os animais nos sumários ou localizando-os na tabela abaixo. Para isso, informe o **sexo** e digite o **nome/número** do animal e quando encontrá-lo, clique em **Escolher**. Para iniciar o cálculo, clique no botão **Avaliar Acasalamentos**.

Animais	Identidade	Sx	Ficha	Escolher
TAJ MAHAL IMP.	2822	T	Ficha	Escolher
KARVADI IMP.	3987	T	Ficha	Escolher
V.NARAYANA IMP.	2432	T	Ficha	Escolher

Procure animal
 Fêmea Macho
 Nome: _____
 Identidade: _____
 Localizar Próximo

Clique duas vezes sobre o nome do animal para ver a **ficha** e marque para excluir:

1	BACKUP
2	PROVADOR

1	HA/AIANA EMBRAPA
2	HORTENCIA DA EMBRAPA

Pais escolhidos: 2 Excluir Pais Marcados Mães escolhidas: 2 Excluir Mães Marcadas

Limpar lista de PAI Limpar Marcas Limpar lista de MÃE Limpar Marcas

Limpar tudo Avaliar Acasalamentos Ver Acasalamentos Zoom Voltar

FIGURA 14.8. Representação da opção *Avaliar Acasalamentos* com Touros e vacas selecionados para acasalamento.

O relatório gerado e denominado **Ficha de Curral** tem por finalidade auxiliar na escolha do acasalamento segundo o índice e coeficiente de consanguinidade, como mostrado na Figura 14.10.

Observe-se que para os acasalamentos são também calculados os índices e os percentis, segundo a fórmula vigente. Além da descrição de matrizes e touros, têm-se os resultados de coeficiente de consanguinidade, IQG e percentil dos acasalamentos simulados (Figura 14.11).

M = Para impressão ou exclusão		PN (kg)		P120 (kg) EM		PD (kg)		PS (kg)				
Ord	M	Dep	Ac	Dep	Ac	TM	Dep	Ac	Dep	Ac		
1	PROVADOR x HAVAIANA B	26,90	0,32	17	0,68	13	3,20	8,60	17	4,84	18,91	18
2	PROVADOR x HORTENCIA	0,39	0,26	17	1,35	12	4,02	9,93	16	6,21	15,54	15
3	BACKUP x HAVAIANA EME	0,20	0,30	17	2,36	11	5,30	10,24	17	7,40	21,06	18
4	BACKUP x HORTENCIA DA	0,78	0,24	17	3,04	10	6,12	11,57	16	8,76	17,69	15

FIGURA 14.9. Tela com os resultados dos acasalamentos simulados.

FIGURA 14.10. Ficha de Curral com resultados dos acasalamentos simulados.

DESDOBRAMENTO DO AMBIENTE OUTRAS INFORMAÇÕES

Tendências genéticas

As **Tendências Genéticas & Médias Gerais** permite consultar os gráficos de cada tendência relativa a cada característica avaliada. É possível optar pelos resultados das tendências somente da fazenda (botão **Fazenda**) ou da fazenda em comparação com toda a avaliação, ou seja, a base completa do programa (botão **Fazenda & Geneplus**). Esta opção é apresentada na Figura 14.12. De outra forma, ainda é possível consultar os gráficos das características somente do programa, neste caso deve-se clicar no botão **Geneplus**.

Embrapa Gado de Corte GENE PLUS Embrapa

Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte - Geneplus
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO GENÉTICA
MODELO Avaliar Acasalamentos - Ficha de Curral

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
BACKUP	PROVADOR								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Matrizes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BRGC0955	Cc: 0,20	25,00																		
HAVAIANA EMBRAPA	IQG: 4,12	3,53																		
Faj PROVADOR	ATN: 0,1%	0,5%																		
Avô Mat RAMBO DA MIN	IQG: 3,44	ATN: 0,5%																		
BRGC0993	Cc: 0,78	0,39																		
HORTENCIA DA EMBRAPA	IQG: 3,97	3,38																		
Faj HAYALUN TE TEST IQG:	ATN: 0,1%	0,5%																		
Avô Mat QUARK COL	IQG: 3,14	ATN: 1%																		

FIGURA 14.11. Versão para impressão da *Ficha de Curral*.

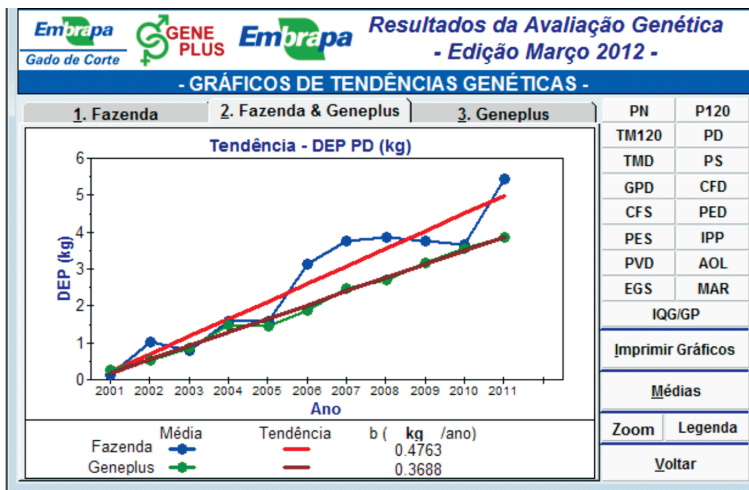


FIGURA 14.12. Tendências genéticas para peso à desmama (PD) relativas à fazenda e a todo o programa.

Na opção Médias, encontram-se disponibilizadas as médias fenotípicas e as médias das DEPs das características do programa tanto geral quanto para a fazenda especificamente.

Médias das DEP'S por ano

Em Médias das DEPs por ano podem ser consultadas as médias das DEPs de todas as características do programa nos últimos anos. As médias apresentadas possibilitam a comparação dos resultados da Fazenda com a base completa, ou seja, o conjunto de todas as fazendas do programa Geneplus.

Touros usados na fazenda – filhos por ano

A opção Touros usados x Ano permite a consulta, de até três anos, do número de filhos por touro usado na fazenda e o número total de filhos na fazenda. Nesta opção, apresentada na Figura 14.13, encontra-se ainda o número de filhos total para cada um dos anos selecionados e os percentuais de filhos por touro no ano e de filhos por ano

Embrapa GENE PLUS Embrapa Resultados da Avaliação Genética - Edição Março 2012 -
- TOUROS USADOS NA FAZENDA - FILHOS POR ANO -

Clique nos botões para escolher os anos entre 2002 e 2011: Manter Manter Manter

Ord	S	RGD	NOME	IQG	AT%	POP%	2009	2010	2011	Filhos na faz
1		BRGC0316	VINGADOR DA EMBRAP	2,48	4,0	1,0	1	2	18	26
2		COLA4210	DIRIGIVEL COL	3,10	1,0	0,1	0	0	8	8
3		MATS0283	BRADO S. MARINA	2,58	4,0	0,5	0	2	6	8
4		NANA1053	MACUNI DO SALTO	2,88	2,0	0,5	9	11	6	26
5		AAT5889	URAPURU DA AT	2,44	5,0	1,0	0	6	6	12
6		IZSN4318	RADIAL	2,49	4,0	1,0	4	4	4	16
7		SEEN2025	NAYALAN TE 7ESTRELA	3,43	0,5	0,1	0	5	4	9
8		ZEB8874	TEMPLO DA ZEB.VR	1,75	19,0	4,0	0	7	3	10
9		APBJ1909	BIG DO BJ	3,45	0,5	0,1	8	5	3	28

Touro: VINGADOR DA EMBRAPA Total filhos no ano na faz: 86 106 79
 Pai: QUARK COL %Filhos.touro no Ano: 1,16 1,89 22,78
 Avô Mat.: PRADESH %Filhos.ano por Touro: 3,85 7,69 69,23

Tendências Genéticas Médias das DEPs por ano Ficha do Animal
 Puxar FILHOS dos mercados Zoom Voltar

FIGURA 14.13. Touros usados na fazenda e o número de seus filhos por ano.

por touro. Além das informações relativas ao animal (RGD e o seu nome), encontra-se disponível o seu Pai (RGD e Nome) e o seu Avô Materno. São ainda apresentados o IQG, o percentil (%) e a sua ficha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correta utilização das informações contidas nos sumários traz grandes benefícios para o melhoramento genético de gado de corte, mas, da mesma forma, o mau uso desta ferramenta pode trazer sérios prejuízos. Neste sentido, antes da adoção de um sumário, é recomendável a leitura cuidadosa da descrição de sua elaboração, a qual pode variar, inclusive, de um ano para outro, para um mesmo programa de melhoramento. Desta forma é importante que seja entendido que um sumário é um conjunto de resultados de uma avaliação genética. Devem ser conhecidos por seu usuário os procedimentos adotados que possibilitaram a obtenção destes resultados. Para que seu uso seja otimizado, o criador deve ter claro o objetivo de seleção de seu rebanho e, conseqüentemente, as características a serem consideradas para que seja viabilizado o alcance deste objetivo. Sendo assim, o assessoramento de um técnico capacitado, que auxilie o selecionador no uso do sumário, bem como na tomada de decisão de escolha dos animais a serem selecionados e dos acasalamentos a serem conduzidos, é de grande importância.



AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA E FUNCIONAL EM GADO DE CORTE

Luiz Antonio Josahkian

*Todo animal deixa vestígios do que ele foi.
Só o homem deixa vestígios do que ele criou [...]
O homem não é uma figura na paisagem.
Ele é um modelador da paisagem.
JACOB BRONOWSKI. *The ascent of man* (1973).*

INTRODUÇÃO

Os processos produtivos em gado de corte são interativos entre a genética e o meio ambiente. Portanto, devemos nos alertar para o fato de que, na verdade, a produção animal fica diretamente ligada à harmonização destes dois componentes.

Na seleção de gado de corte é preciso perceber os animais como organismos vivos inseridos em um sistema de produção, do qual eles retiram energia e as transforma em produtos que serão consumidos. Compete, então, aos gestores desses sistemas de produção, intervir da melhor maneira possível, otimizando essa relação de troca do animal vs ambiente.

O que nós temos, na verdade, no caso das raças bovinas de corte, é uma flexibilidade genética formidável que interage de diferentes maneiras com o meio ambiente, e esse é um desafio adicional para o selecionador: decidir, entre várias opções, qual o modelo mais adequado para o seu sistema de produção.

A seleção de gado de corte atual está equipada com um amplo ferramental. Modelos matemático-estatísticos avançados trabalhando com bases de dados corretas nos permitem conhecer com relativa precisão o valor genético do indivíduo para determinadas características, desde que elas sejam medidas e modeladas adequadamente.

Entretanto, nem todas as características podem ser medidas nos animais. Algumas, por apresentarem relação custo \times benefício desfavorável, para as quais os ganhos possíveis de serem alcançados não compensam sua mensuração. Outras, pela simples impossibilidade de medi-las, por não termos um instrumento que o faça, como por exemplo, a harmonia do conjunto do corpo do animal – uma característica complexa que não se encontra em nenhuma parte específica do corpo, mas que se traduz pela relação entre as partes. Outras características, ainda, são mais eficientes se medidas de forma indireta, como é o caso da precocidade sexual, para a qual medidas indicadoras e fáceis de serem obtidas – como o perímetro escrotal – se revelam muito eficientes.

Por estas razões, as avaliações visuais de tipo dos animais ainda são consideradas fortes instrumentos complementares de seleção, além do que, durante muito tempo e ao longo dos milhares de anos de domesticação dos animais, foi a única ferramenta disponível para a humanidade. Utilizado desde o início do processo de domesticação dos animais, o olho humano é a mais antiga ferramenta de seleção de bovinos que atende às características desejadas pelo homem, não existindo nenhum instrumento capaz de ser tão integrador de informações obtidas através de imagens.

Características morfológicas permitem uma leitura crítica dos tipos biológicos dos animais, que variam de ultraprecoces a extremamente tardios, lembrando que extremos não são desejados. O que se busca são animais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados. Assim, torna-se evidente que não existe um biótipo mais eficiente para todos os sistemas de produção, mas tipos morfológicos mais eficientes para diferentes ambientes.

Neste capítulo será feita uma breve apresentação do uso das avaliações visuais como prática de seleção em gado de corte, como ferramenta complementar a todo instrumental atualmente disponível para monitoramento das mais diversas características dos animais. Um direcionamento mais incisivo será dado às raças zebuínas e aos métodos adotados para esta espécie (*Bos indicus*).

PREPARANDO-SE PARA SER UM AVALIADOR

O processo de aquisição de conhecimento é formado por inúmeras relações de causa e efeito não lineares. Por exemplo, um selecionador com a capacidade de integrar informações chega à conclusão de que na seleção de machos a circunferência escrotal é realmente importante não pelo fato em si, mas porque ela está relacionada a uma melhor espermatogênese e a geração de filhos (pelo uso do touro) de melhor performance reprodutiva, tanto os machos quanto as fêmeas.

A resultante deste tipo de raciocínio é muito diferente de um raciocínio cartesiano que admite, para toda consequência, uma única causa (ou pelo menos uma das mais importantes). Resultantes biológicas derivam de relações mais complexas e múltiplas. Por estas razões, as avaliações visuais precisam estar contextualizadas, caso contrário, perdem seu sentido técnico.

A ciência, atualmente, deixou de ser a busca solitária típica das grandes e notáveis descobertas da humanidade. A pesquisa isolada está cada vez mais em desuso. O volume do conhecimento atual é gigantesco e requer equipes multidisciplinares, já que ninguém é capaz de deter todo esse acervo de conhecimento sozinho. Essa concepção precisa ser empregada por um selecionador – e muito especialmente quando estamos adotando as avaliações visuais – porque estamos, em última análise, trabalhando com transformações dos recursos naturais.

Não raro surgem questionamentos se a aplicação das avaliações visuais é ciência ou arte. Deste ponto de vista é interessante analisar se a seleção, em si, é uma ciência puramente ou um misto de ciência e aptidões pessoais não convencionalmente estabelecidas. A princípio parece que nós devemos concordar unanimemente que a seleção deva ser absolutamente aplicação de ciência, tal qual ela é dogmaticamente estabelecida. Porém, não há como negar que existe algo de pessoal, subjetivo e imponderável na seleção; e ainda, que ela não é absolutamente replicável.

E nesse ponto pode surgir um questionamento: não deveria ser a seleção impessoal, científica e replicável? O mais provável é que não, embora não pareça ser possível responder com absoluta certeza a essa pergunta, mas realmente se espera de um bom selecionador que ele tenha algum meio disponível de conhecer os méritos genéticos, apesar de duvidoso, porque lida com características invisíveis ou imensuráveis. Cabe ao selecionador encontrar o equilíbrio perfeito entre o rigor científico (e sempre ser obediente a ele) e sua percepção pessoal da situação.

É essa capacidade extra que o torna talentoso, diferenciado e capaz de mover culturas inteiras em diferentes sentidos, aumentando mais ainda sua responsabilidade. A situação da seleção em gado de corte é uma conjunção muito peculiar de análises críticas fundamentadas em bases científicas (parte objetiva) e a capacidade preditiva bem como de inferência do selecionador para prever situações futuras ou imaginadas (parte subjetiva).

Olhar para trás e examinar o real ou realizado deve ser feito de forma objetiva/científica. Agora, usar isto para prever o futuro e/ou onde e como usar cada tecnologia em um sistema de produção imaginário (futuro) para maximizar nosso objetivo, contém sempre um elemento imponderável e que pode apenas ser predito.

Mesmo usando computadores e todo o acúmulo de informações, existe uma margem de erros e riscos, assim como ocorre nos mercados de capitais. Nenhuma metodologia é absolutamente perfeita para prever valores, seja em que ramo da ciência estiver sendo usada. Todas contêm uma margem de erro e é preciso saber conviver com essa margem de insegurança. Não foi dada ao ser humano, em nenhum momento, a capacidade plena de prever o futuro.

UTILIZANDO AS AVALIAÇÕES VISUAIS

Na seleção de gado de corte é necessário analisar uma questão decisiva: com o que estamos trabalhando na seleção? Para esta pergunta o selecionador deve ter uma resposta entendida plenamente: embora usemos indicadores fenotípicos, selecionadores trabalham, na verdade, tentando identificar o valor ou mérito genético dos animais. A escolha deve recair, na seleção de gado de corte, naqueles animais que, se fossem abatidos

produziriam a melhor carne, a mais succulenta, a mais saborosa, a mais rentável, a mais compatível com os anseios do mercado.

Como estamos frente a um ser vivo, é necessário ainda que os animais apresentem sinais claros de vigor e mobilidade, indicando-nos claramente seu valor adaptativo. E para isso, o selecionador terá que utilizar todas as informações apresentadas, quer sejam elas métricas, tais como peso, altura, comprimento, medidas obtidas por métodos de ultrassonografia etc; ou percebidas em dimensões diferentes e por indicadores até mesmo subjetivos, tais como os padrões étnicos, características que refletem a condição reprodutiva ou de equilíbrio e saúde.

De forma muito particular, cabe ao selecionador conhecer o comportamento genético de cada uma das características que está considerando, dando a cada uma delas a devida importância no contexto de melhoramento genético. Não é uma tarefa fácil, já que confusões de toda ordem estão profusamente sendo apresentadas na seleção. Cabe ao selecionador remover o desconhecido e aproximar sua decisão, tanto quanto possível, de resultados que conduzam a uma estabilidade e segurança científicas.

Essas definições determinam uma das regras fundamentais para aplicação das avaliações visuais: elas só podem ser adotadas com algum grau de eficiência em grupos de indivíduos que foram submetidos ao mesmo ambiente. Em melhoramento genético, este é um conceito muito conhecido, denominado de grupos de contemporâneos (GC). Os GC são formados, na prática, por indivíduos que pertencem ao mesmo grupo genético, do mesmo sexo, de idades semelhantes (nascidos em uma mesma estação) e submetidos, rigorosamente, aos mesmos manejos nutricional e sanitário. Olhar analiticamente para este grupo de indivíduos registrando as diferenças visualmente detectadas torna-se um método eficiente porque as diferenças serão devidas, em maior grau, aos efeitos genéticos e não aos ambientais.

NOÇÕES DE EXTERIOR APLICADAS AOS BOVINOS

Para que possamos selecionar um animal e classificá-lo de acordo com a definição de raça ou com a sua finalidade zootécnica é necessário, basicamente, que tenhamos conhecimento das características da raça, segundo os padrões estabelecidos para elas e um conceito amplo do exterior desse animal, como representante do tipo que se tem em vista. Buscar o conhecimento profundo e aplicado dos conceitos de exterior é fundamental. Entretanto, isto pode ser feito recorrendo-se a materiais específicos, haja vista não ser o objetivo principal deste capítulo. Não obstante, vamos considerar somente alguns aspectos que merecem uma discussão mais específica para as avaliações visuais de tipo. Dentre eles, vamos ressaltar a questão dos aprumos, dos aspectos tidos como definidores de raça e alguns indicadores fenotípicos de fertilidade.

Aprumos

O conceito de aprumos refere-se à condição normal dos quatro membros que sustentam os animais. Seu estudo e conhecimento de sua regularidade são de fundamental importância para as condições brasileiras de criação extensiva, notadamente no caso

dos zebuínos. Isso se explica pelo fato de que os animais, naquelas condições, precisam percorrer grandes distâncias à procura de alimentos e água. Além disso, temos que considerar, também, o aspecto de impulsão e sustentação durante o coito (monta), quando os quatro membros, tanto de machos quanto de fêmeas, são submetidos à grande esforço.

Aprumos defeituosos ou de constituição fraca conduzem a um desempenho produtivo e reprodutivo insatisfatório dos animais e uma menor vida útil. Do ponto de vista de seleção, embora a literatura seja escassa de referências de estimativas de herdabilidade para as características de aprumos, indivíduos com problemas devem ser eliminados do rebanho.

De qualquer forma, mesmo sendo defeitos adquiridos por manejo nutricional inadequado, geralmente excessivo, ou por traumatismos, defeitos de aprumos devem ser penalizados pelo prejuízo que eles individualmente causam ao animal na plenitude de suas funções econômicas por suas correlações negativas com a reprodução e produção.

Na avaliação dos membros dianteiros com o animal em movimento, é importante que as pernas se movam em direção reta para frente e que os cascos sejam do mesmo tamanho, escuros e fortes. Joelhos edemaciados, ou inchados, são sinais de artrites, moléstia metabólica de esteroides, altamente herdável. As pernas devem ser bem afastadas, o que determina boa amplitude torácica. A ossatura do animal, geralmente avaliada na altura da canela, muitas vezes leva a conclusões falsas. O mais importante é que o animal apresente ossatura forte e recoberta por musculatura bem desenvolvida. O diâmetro da canela não é um indicador seguro para dizer que o animal apresenta ossatura grosseira porque não fornece indicativos da espessura da parede do osso nem de sua densidade. Além do mais, o desenvolvimento muscular não é necessariamente associado com o peso do osso. Daly (1977) comenta que o tecido ósseo é o que menos varia entre os bovinos, raramente mais do que 2 a 3%, enquanto que músculo e gordura chegam a ter variação de até 30%. Dessa forma, a ossatura em si não é significativa na seleção, pois, fraturas ósseas não se constituem em problema sério nos bovinos, a não ser em áreas com alta deficiência em fósforo.

Aspectos raciais

Os atributos étnicos que perfazem o aspecto geral de um animal têm um grande valor de mercado e um considerável impacto econômico. E isto é bem fundamentado porque se espera que indivíduos que apresentem as mesmas características (fenótipo) venham a apresentar comportamento produtivo semelhante. E não é errado pensar assim, pois, por definição técnica, indivíduos de uma mesma raça apresentam maior probabilidade de ter um maior número de genes em comum do que a média da população geral daquela espécie. Se o fenótipo é uma função do genótipo e do meio ambiente, então raça passa a ser um componente importante no processo de escolha e um distintivo comercial forte reconhecido no mercado.

Características reprodutivas

A reprodução envolve uma série de eventos na vida do animal, nem sempre fáceis de serem identificados e qualificados adequadamente. Por outro lado, é indiscutível o impacto econômico que a reprodução tem sobre um rebanho, sendo considerada pelos melhoristas a característica mais importante do ponto de vista econômico da seleção.

De acordo com Trenkle & William (1977), o desempenho reprodutivo é economicamente cinco vezes mais importante do que o desempenho ponderal e, pelo menos, dez vezes mais importante que os aspectos qualitativos da carne. Sem dúvida, rebanhos com alto desempenho reprodutivo (sendo aí consideradas a precocidade sexual e longevidade produtiva de machos e fêmeas) têm muito mais capacidade de troca com o mercado e apresentam respostas à seleção muito superiores à de rebanhos medíocres em reprodução.

Nas avaliações visuais de machos, o volume e a forma dos testículos são indicadores bastante utilizados. E, de fato, o perímetro escrotal tem sido eleito também, com justificada razão, uma característica muito importante em programas de seleção: é de fácil mensuração, apresenta respostas diretas e correlacionadas favoráveis e herdabilidade moderadamente alta.

O tamanho dos testículos tem importância econômica por estar favoravelmente correlacionado com a idade à puberdade das futuras filhas do touro. O crescimento dos testículos está associado ao peso corporal e na fase de início da puberdade seu crescimento tem um forte componente ligado a funções hormonais (testosterona).

Considerando-se que o crescimento dos testículos é em parte determinado pelo desenvolvimento ponderal do animal e em parte pela atuação do sistema hormonal e que para as raças zebuínas a idade a puberdade apresenta ainda uma grande variação, parece ser mais adequada à valorização de diferenças positivas no tamanho dos testículos em uma fase da vida dos animais compreendida entre os 12 aos 18 meses. Corroborar esse critério o fato de que a partir dos 18 meses de idade, os animais já estariam púberes e em pleno crescimento, resultando em diferenças de volumes testiculares provenientes de células somáticas (e não necessariamente de hormônios) o que poderia nos levar, na verdade, à seleção de animais de maior peso adulto e, possivelmente, com menor precocidade sexual.

Existem também aspectos de exterior dos bovinos relacionados à fertilidade, muito embora a maioria dos estudos científicos trabalhe os aspectos de fertilidade usando características mensuráveis como a idade a puberdade, idade ao primeiro parto, índice de prenhez, perímetro escrotal, avaliação do ejaculado, entre outras.

Mesmo assim, o aspecto de exterior pode ser bastante útil na detecção de problemas de ordem reprodutiva. Muitas vezes, esses subsídios se constituem nos únicos elementos que o selecionador dispõe para classificar os animais. Na literatura encontramos referências a diversas características que estão altamente relacionadas com a eficiência funcional reprodutiva. Tais características são tanto mais evidentes quanto mais próximos da puberdade plena o animal estiver. Como o dimorfismo sexual aumenta consideravelmente durante a vida produtiva, estas características serão tratadas, brevemente, dentro de cada um dos sexos. Bonsma (1983) considera os aspectos de exterior extremamente importantes, pois permitem uma “leitura” no corpo do animal da perfeita harmonia entre as várias atuações dos hormônios, todos intimamente ligados. Esse autor aponta diversas características que, segundo ele, estão altamente relacionadas com sua eficiência funcional. Tais características são tanto mais evidentes quanto mais próximos da puberdade plena o animal estiver, e, logicamente, o dimorfismo sexual aumenta consideravelmente durante a vida produtiva.

Para fêmeas, Bonsma (1993) considera os seguintes aspectos:

Em fêmeas

Esqueleto

O crescimento dos ossos persiste por mais tempo nos animais subférteis quando comparados com animais sexualmente mais precoces. A ossificação das epífises está ligada à ocorrência de hormônios na circulação sanguínea, o que coincide com a puberdade. Desequilíbrios hormonais ou animais sexualmente mais tardios provocam, consequentemente, crescimento mais demorado dos ossos.

Partindo-se desse princípio, vacas de estatura elevada, em relação à média da raça, traduzem-se em vacas menos férteis ou mais tardias. A leveza de formas, conferida por uma estrutura óssea delicada, é fundamental nas fêmeas.

Paletas pesadas, pouco articuladas ao tórax, recobertas por massas musculares possantes, dão à fêmea um aspecto leonino, totalmente indesejável. Quando visto de lado, o perfil do corpo de uma fêmea deve apresentar quartos traseiros profundos na altura do flanco, e quartos dianteiros leves, sem proeminência da maçã do peito.

Pelo e couro

O pelo e o couro refletem a atividade hormonal da fêmea. Fêmeas devem apresentar pelos tendendo a tons mais claros do que os machos. Pelos grosseiros, eriçados, com escurecimento na cabeça, pescoço e paleta, refletem baixa atividade hormonal ovariana, e consequentemente indicam queda da fertilidade. Os pelos nas fêmeas devem ser sedosos e cheios de vida em contraposição a pelos opacos, secos e grosseiros.

Formação e desenvolvimento de músculos

Uma novilha ou vaca jovem com úbere carnudo ou com depósitos de gordura, quando visto por trás, indica baixa habilidade maternal. O úbere ideal visto por trás, quando vazio, apresenta-se com pregas longitudinais.

A fêmea deve apresentar músculos suavemente definidos, tendo um aspecto geral delicado. Novilhas ou vacas subférteis apresentam pescoço bem musculado, paleta com musculatura evidente que impede a visualização de seu encaixe ao tórax e coxas com muita definição muscular.

A genitália externa em vacas grandes e musculosas, frequentemente, é infantil e está associada a ovários pequenos, lisos e pouco funcionais. A deposição de gordura e a localização de depósitos de gordura é uma característica ligada ao sexo. A distribuição da gordura no corpo de uma fêmea funcional deve ser uniforme. Acúmulos proeminentes de gordura na ponta dos íleos e dos ísquios indicam subfertilidade.

Comportamento e temperamento

O temperamento mais ativo e, às vezes, bravio dos animais merece bastante atenção na seleção. Animais de temperamento bravio, que mantêm a cabeça constantemente elevada e se apresentam sempre espantados, indicam alta função da tireoide. Em geral, são vacas de baixa habilidade maternal e que produzem pouco leite. A função da tireoide e a

fisiologia reprodutiva são altamente relacionadas. Além da reprodução, o temperamento bravo dificulta o manejo e interfere negativamente no aspecto produtivo do animal.

Machos

Para os machos, Bonsma (1993) também discorre sobre os mesmos aspectos tratados para as fêmeas:

Esqueleto

Touros com padrão de crescimento superior são sexualmente mais tardios. O hipogonadismo primário (testículos infantis) acarreta menores taxas de secreção de hormônios e conseqüentemente maior tempo de crescimento dos ossos. O touro subfêtil tem perfil do corpo muito semelhante ao do animal castrado. Touros excessivamente altos e lateralmente achatados (sem arqueamento de costelas, sem abertura de peito e ancas pouco afastadas) devem ser penalizados.

Pelo e couro

O pelo nos machos deve ser de diâmetro maior, mais escuro e mais grosseiro do que nas fêmeas. O brilho e sedosidade ainda são exigidos nos machos, ainda que em menor grau do que nas fêmeas. Os pelos revelam bom estado nutricional e funções endócrinas corretas. O escurecimento dos pelos, especialmente no pescoço, no alto da canela, parte inferior da paleta e na parte baixa da coxa, acima do jarrete, é condicionado por andrógenos secretados pelo córtex da suprarrenal; são sinais da libido do reprodutor, podendo ser associados a resultados de exames andrológicos, quando disponíveis.

O couro do touro é muito mais grosso do que o do garrote ou da vaca. As riscas gordurosas amarelas que ocorrem nas dobras do couro do pescoço no touro também indicam presença de boa libido.

Deposição de gordura

A gordura é um indicador do estado nutricional. Deposições específicas de gordura no corpo do animal revelam tipos diferentes de obesidades que podem comprometer total ou parcialmente, temporária ou definitivamente, a espermatogênese.

Touros com formação de maneios (gordura localizada) semelhantes aos de boi velho e de vacas estéreis são, na maioria das vezes, conseqüências de superalimentação. Touros com disfunções glandulares geralmente apresentam as mesmas deposições de gordura inadequadas que as vacas.

Desenvolvimento muscular

Ao contrário das fêmeas, os músculos nos touros devem ser bem desenvolvidos, apresentando claras definições. Fortes massas musculares devem recobrir a paleta, o dorso-lombo, a garupa e as coxas. Musculatura convexa, proeminente e rígida são características que favorecem a escolha dos melhores animais.

Aspectos gerais do corpo dos touros também auxiliam muito na conclusão da escolha dos melhores indivíduos. Nos zebuínos, o cupim deve ter a forma típica de castanha de caju ou de rim, ser bem implantado sobre a paleta e o pescoço, sem movimentos laterais excessivos. Os pelos que recobrem o cupim, nos animais púberes, devem ser mais escuros do que os do restante do corpo do animal. As costelas devem ser bem arqueadas, ligando-se suavemente à região da paleta. A musculatura que recobre as costelas deve ser bem desenvolvida, indicando couro espesso e solto, de alta vascularização, muito importante para adaptação aos trópicos e subtropicais. A região dorso-lombar deve ser larga, recoberta por musculatura uniforme e desenvolvida.

Presença de lordose, cifose ou escoliose são defeitos desclassificantes. A garupa deve ser comprida e larga, recoberta por espessa musculatura, levemente inclinada, com ísquios bem separados. As coxas devem ser largas, com musculatura que desce até os jarretes. O perineo deve ser largo, com musculatura evidente e bem descida.

Os dois testículos, além do bom desenvolvimento (em geral as associações apresentam valores de referência por idades), devem ter o mesmo tamanho e serem móveis, dentro da bolsa escrotal. O padrão de desenvolvimento dos testículos e a sua forma nos zebuínos são diferentes daquele padrão verificado nos taurinos. Os primeiros apresentam testículos de maior comprimento, formato tubiliforme e de menor circunferência; os taurinos, por sua vez, apresentam testículos maiores e globulares.

Outra característica verificada com mais intensidade nos zebuínos do que nos taurinos é a capacidade de retração do músculo cremaster que aproxima (no frio) ou afasta (no calor) os testículos da cavidade abdominal.

AVALIAÇÕES VISUAIS COMO REGULADORAS DA SELEÇÃO

Em gado de corte tem sido dada grande ênfase na seleção para peso e tamanho, sempre no sentido crescente. Embora essa seja uma situação previsível e até certo ponto explicável, haja vista que os componentes peso, ganho de peso e tamanho têm uma validação pelo mercado, é importante que estas características sejam contextualizadas junto a um grupo maior de outras que considerem a qualidade desse peso e imponham (ou pelo menos sugiram) limites quando desequilíbrios são percebidos. Assim, adotar um sistema de avaliação visual como critério auxiliar e complementar pode representar uma boa solução para monitorar as mudanças genéticas em uma população.

O melhoramento genético da produtividade dos bovinos de corte nas regiões tropicais deve ser baseado no reconhecimento de que a produtividade observada é consequência de dois grupos de fatores genéticos: um relacionado com o potencial de produção e o outro à adaptação aos fatores ambientais como clima e ectoparasitas (FRISH & VEROE, 1982). Rosa (1999) afirma que quando a criação é feita em condições pouco modificadas, em regime de pastagens, por exemplo, o meio ambiente esboça os limites até os quais as modificações genéticas poderão ter sucesso. No entanto, em sistema de criação intensiva, com práticas artificiais sofisticadas de manejo alimentar, reprodutivo e sanitário, podem ser grandes os perigos de se extrapolar os limites que a biologia animal poderá suportar com equilíbrio, comprometendo-se a saúde, o conforto e, por consequência, os níveis de produção, reprodução e longevidade.

Gressler et al. (2004) comenta que uma estratégia de seleção que procura o aumento da produção, em valor absoluto, pode provocar respostas correlacionadas indesejáveis, tais como o aumento dos custos de manutenção, diminuição da taxa de maturidade, redução da eficiência reprodutiva e aumento da ocorrência de distocias. Mas, mesmo que admitamos que a seleção esteja conciliando o peso com outras características, continuamos frente a um grande problema: ao praticarmos esse tipo de seleção poderemos estar conduzindo a população para tipos bovinos de alta eficiência de ganho em peso e de maior peso final, porém de maturação mais tardia e maiores exigências nutricionais. Neste ponto da seleção é que as avaliações visuais podem contribuir efetivamente para estabilizar determinadas características ou contextualizá-las junto a outras de igual importância.

As avaliações visuais buscam uma visão holística da seleção. No tocante a precocidade reprodutiva, ao se selecionar animais precoces, pode-se estar selecionando animais geneticamente de menor porte e menor tamanho adulto, considerando que, geneticamente, novilhas que alcançam puberdade mais cedo são mais leves; enquanto novilhas que atingem mais tardiamente são, por outro lado, mais pesadas, em uma mesma idade. A razão fundamental é que o tamanho, do qual o peso corporal é um dos melhores indicadores, afeta os custos de manutenção e a eficiência biológica e econômica dos rebanhos (Fitzhugh, 1976).

O consenso da literatura a respeito deste tema é que animais de grande porte podem ser mais eficientes em ambientes com fartura de alimentos. Em outros, com restrições, principalmente nutricionais, devem ser preferidos os de porte médio, ou até pequeno. Essas determinantes genéticas nos colocam frente a outro dilema: por um lado a busca de fêmeas sexualmente precoces e de porte médio, e por outro, novilhos de carcaças pesadas, apesar do crescente interesse por acabamento precoce.

A estratégia seletiva que parece ser mais razoável para a conciliação desta questão é a de buscar indivíduos equilibrados, nem tão pequenos e precoces e nem caminhando para o gigantismo, porque, no longo prazo, por estar distante dos extremos considerados perigosos, essa parece ser uma boa alternativa para raça pura, pois possibilita o estabelecimento de critérios mais uniformes e de maior abrangência geográfica, envolvendo populações maiores.

Outras vantagens adicionais nesse modelo de seleção são percebidas quando se contrapõem os efeitos da seleção natural e os da seleção artificial já que, na seleção natural, existem muitas características cujo ótimo se encontra em um desempenho intermediário. Provavelmente, o ótimo intermediário possibilita melhor adequação, maiores reservas e mudanças rápidas na média da população frente à enorme gama de ambientes e variações naturais.

Seleção por conformação apresenta pelo menos duas razões para serem envolvidas no processo de escolha de animais: atender a demanda de valorização pelo mercado de um determinado tipo de animal e obter, pelo menos em parte, resposta indireta para produtividade.

Como ilustra a Figura 15.1, a musculatura pode variar muito sem que isso implique em grandes modificações na estrutura óssea ou no tamanho dos animais. Isso quer dizer que a seleção para aumento das porções comestíveis da carcaça não implica, necessariamente, no aumento do tamanho adulto.



FIGURA 15.1. Variação na musculosidade de animais zebuínos. Fonte: Acervo da ABCZ. Ilustração de Ney Braga.

EPMURAS – um dos métodos de avaliação visual adotados na seleção de gado de corte

O objetivo básico e direcional da avaliação visual de diferentes tipos morfológicos é identificar os animais que, nas condições viáveis de criação e em consonância com o mercado consumidor, cumpram seu objetivo eficientemente e em menos tempo.

A partir destas avaliações é possível a estimação de parâmetros genéticos, como herdabilidades e correlações genéticas entre estas e outras características, tais como taxas de crescimento e reprodução, como suporte para decisões de seleção.

As avaliações visuais podem ainda se converter em valioso auxílio para a determinação de um processo de seleção para corte do(s) tipo(s) mais adequado(s) a cada sistema de produção, através de um processo visual rápido, preciso e acessível, de determinação da qualidade dos animais como produtores de carne.

O EPMURAS é um método desenvolvido pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu – ABCZ o qual, de acordo com Josahkian, Machado e Koury Filho (2003), apresenta a metodologia descrita a seguir.

Metodologia para aplicação do EPMURAS

As avaliações visuais podem ser feitas em qualquer idade, mas para programas de melhoramento sugere-se que sejam realizadas na desmama (em torno de 8 meses de idade) e ao sobreano (em torno de 18 meses de idade). Em qualquer dos casos, é pré-requisito que os animais tenham idades próximas e que tenham tido as mesmas oportunidades de manejo alimentar e sanitário, isto é, pertençam ao mesmo grupo de contemporâneos.

As sete características que compõem o EPMURAS são:

- **Estrutura Corporal (E):** Prediz visualmente a área que o animal abrange, visto de lado, olhando-se basicamente para o comprimento corporal e a profundidade de costelas. A área que o animal abrange está intimamente ligada aos seus limites em deposição de tecido muscular.
- **Precocidade (P):** Nesta avaliação as maiores notas recaem sobre animais de maior profundidade de costelas em relação à altura de seus membros. Na prática, prin-

cialmente em idades mais jovens, onde muitas vezes os animais ainda não apresentam gordura de cobertura, o objetivo é identificar o desenho que corresponda a indivíduos que irão depositar gordura de acabamento mais precocemente os quais, via de regra, são os indivíduos com mais costelas em relação à altura de seus membros.

Vale ressaltar que indicativos de deposição de gordura subcutânea somam para a avaliação do tipo precoce. Por exemplo, a musculatura, quanto mais definida, menor a capa de gordura que a recobre; a virilha baixa ou pesada e também a observação de pontos específicos, tais como a inserção da cauda, a maçã do peito, a paleta e a coluna vertebral são elementos adicionais que auxiliam na observação dessa característica. A busca de animais mais precoces atende a uma demanda dos frigoríficos brasileiros que possuem sistemas de resfriamento que exigem uma camada mínima de espessura de gordura de acabamento de 3 a 6 mm, uniformemente distribuída pela carcaça, para que não haja escurecimento da carne e encurtamento das fibras musculares pelo resfriamento rápido (*cold shortening*), que fazem com que a carne perca uma série de qualidades.

Animais precoces permanecem menos tempo nos pastos e/ou confinamentos, encurtando o ciclo de produção, melhorando assim a eficiência da atividade e, conseqüentemente, os lucros do produtor. Há relatos na literatura indicando que animais mais precoces em acabamento são também sexualmente mais precoces.

- **Musculosidade (M):** A musculosidade é avaliada através da evidência das massas musculares. Animais mais musculosos e com os músculos bem distribuídos pelo corpo, além de pesarem mais, apresentam melhor rendimento e qualidade da carcaça, o que reflete diretamente na eficiência econômica do sistema de produção. Os escores atribuídos às características E, P e M nos permitem ter uma concepção espacial do animal, pois E estima a área que este abrange lateralmente e que, de forma bastante rudimentar, irá formar um retângulo. A característica E, analisada em conjunto com a característica P, irá indicar as proporções dos lados desse retângulo. Ao ser incluído o escore relativo à característica M, obtém-se uma terceira dimensão do conjunto avaliado. Esse paralelepípedo formado indica a estimativa do volume do indivíduo (Figura 15.2). Vale ressaltar que essa concepção se torna mais precisa ao serem acrescentados os dados de peso e altura.
- **Umbigo (U):** É avaliado a partir de uma referência do tamanho e do posicionamento do umbigo (umbigo, bainha e prepúcio), devendo ser penalizado os indivíduos que apresentarem prolapso de prepúcio. Indica-se como nota 1 (um) umbigo e bainha muito reduzidos, e nota 6 (seis) umbigo e bainha muito pendulosos (Figura 15.3). No Brasil, a grande maioria dos rebanhos é criada em extensas áreas de pastagem e nos machos, umbigo, bainha e prepúcio de maior tamanho, pendulosos e com ocorrência de prolapso, são mais susceptíveis a patologias ocasionadas por traumatismos. Estas, muitas vezes, são irreversíveis ou extremamente complexas em termos de manejo curativo.
- **Caracterização Racial (R):** Todos os itens previstos nos padrões raciais das respectivas raças zebuínas devem ser considerados. O tipo racial é um distintivo comercial forte e tem valor de mercado o que, por si só, justifica sua inclusão em um programa de melhoramento.

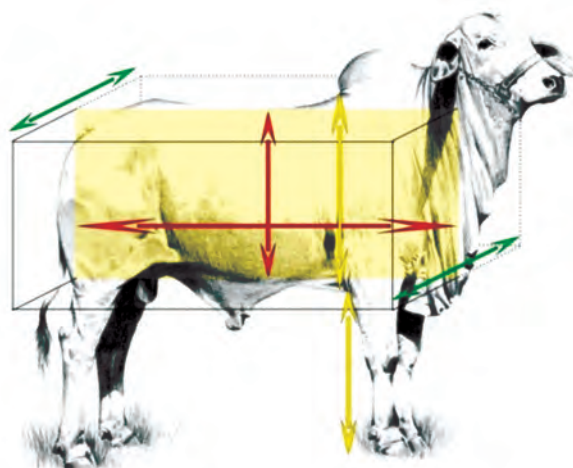


FIGURA 15.2. As diferentes proporções que devem ser avaliadas. Fonte: Acervo da ABCZ. Ilustração de Ney Braga.

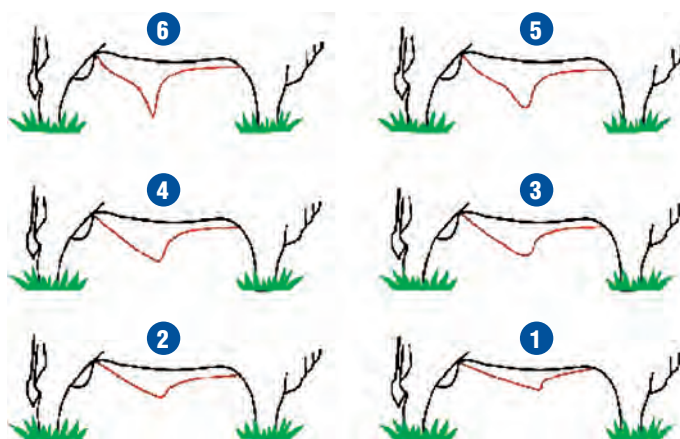


FIGURA 15.3. Escala de escores para a característica umbigo. Fonte: Acervo da ABCZ. Ilustração de Ney Braga.

- **Aprumos (A):** São avaliados através das proporções, direções, angulações e articulações dos membros anteriores e posteriores vistos de frente, de perfil e de trás.
- **Sexualidade (S):** Busca-se masculinidade nos machos e feminilidade nas fêmeas, sendo que estas características deverão ser tanto mais acentuadas quanto maior a idade dos animais avaliados. Avaliam-se os genitais externos, que devem ser funcionais, de desenvolvimento condizente com a idade cronológica.

As escalas de escores usadas para as avaliações visuais variam de 1 a 6 para as características E, P, M e U; e de 1 a 4 para R, A e S.

Conceitualmente, os escores podem ser divididos em fundo, notas 1 e 2; meio 3 e 4, e cabeceira 5 e 6 para as características E, P e M. Esses escores serão relativos ao grupo de contemporâneos sob avaliação. Dessa forma, fica assegurada a percepção de que, sempre, em qualquer grupo de contemporâneos, por melhor que seja, este apresenta

um fundo (os piores animais) ou, por pior que seja, ele apresenta uma cabeceira (os melhores animais).

Para a característica U (umbigo) a escala de notas de 1 a 6 deve ser usada de acordo com uma referência, sendo 1 relativo a umbigo muito reduzido e 6 muito penduloso, ou seja, neste caso, o ideal estaria nas notas médias (3 e 4).

Para as características R, A e S, os escores são atribuídos em relação a uma referência pré-estabelecida, isto é, o indivíduo não é comparado ao grupo em que está inserido, mas aos padrões definidos para a raça. Assim, conceitualmente, 1 equivale a fraco, 2 a regular, 3 a bom e 4 a muito bom.

Esta metodologia de avaliação visual tem duas aplicações práticas no processo de seleção. A primeira, é que possibilita a identificação dos pontos negativos e positivos que coexistam no animal. A segunda, é que a avaliação em nível de rebanho pode diagnosticar defeitos e qualidades mais frequentes na propriedade, de forma simples e direta, através do diagnóstico originado pelos escores.

COMO PROCEDER A AVALIAÇÃO

A avaliação visual de um determinado lote de animais que formem grupos de contemporâneos deve seguir as seguintes recomendações:

1. Subdividir os lotes em grupos com no máximo 30 dias de diferença de idade de mais novo para o mais velho;
2. Ter claramente a definição para cada uma das características que serão avaliadas;
3. Observar o lote e identificar os animais médios para cada uma das características em questão, pois esse será o parâmetro comparativo para se identificar a cabeceira e o fundo do grupo;
4. Ser realizada pelo(s) mesmo(s) avaliador(es) em um determinado lote e momento;
5. Avaliar os animais sob um mesmo local ou campo de visão;
6. Não considerar dados de desempenho do animal, nem dos seus genitores;
7. Não considerar o pedigree do animal;
8. Ser rápida e precisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção funcional em gado de corte envolve diferentes competências para atender a todos os requisitos que podem ter impacto econômico na produção. Para um grupo importante de características economicamente relevantes, existem ferramentas que permitem sua mensuração de forma objetiva. Assim, podemos (e devemos) mensurar o peso dos animais, o perímetro escrotal, a altura, a amplitude torácica, a espessura de gordura, dentre tantas outras. Entretanto, para outras características, igualmente importantes, não dispomos de instrumentos objetivos. Para esse grupo de características, a percepção visual humana é recomendada. Para que essa seleção visual complemente e agregue, efetivamente, valor junto à seleção objetiva, é necessário observar alguns critérios. Entre eles, destacam-se a capacidade do avaliador em captar e discernir as diferenças visuais

existentes entre os animais e a aplicação do método em grupos de indivíduos que formem grupos de contemporâneos, o que permite atribuir às diferenças observadas um razoável – ainda que não totalmente preciso – correspondente valor genético.

FONTES DE REFERÊNCIA

- AYALA, J.M.N. Efeitos genéticos e não genéticos sobre características reprodutivas e ponderais de duas populações de bovinos da raça nelore. Belo Horizonte, 1990.150p. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária da UFMG.
- BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L.C.O.; ANDRADE, V.J.; VALE FILHO, V.R. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. v. 48, n 1, p.69-78, 1996.
- BERGMANN, J.A.G. Indicadores de Precocidade Sexual em Bovinos de Corte. In: Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, 3, 1998. Uberaba. ANAIS... Uberaba: ABCZ. 1998. 434p. p.145-155.
- BONSMA, J.C. Judgind Cattle For functional Efficiency. Brahman Journal. Pretoria. South Africa, p. 15-24, nov.1993.
- BRODY, D.E.; BRODY, A.R. As sete maiores descobertas científicas da história.SãoPaulo:Companhia das Letras. 1999. 436p.
- CARTWRIGHT, T.C. Selection criteria for beef cattle for the future. Journal Animal Science, Champaign, v.30, n.5, p.706-711, 1970.
- DALY, J.J. Breeding for beef production. Quensland. Quensland Department of Primary Industries, 110p. 1977.
- ELER, J.P. et al. Genetic antagonism between growth and maternal ability in Nellore cattle. Journal of Animal Science. v. 70, 1992. 138p.
- EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte no Brasil: novos horizontes, novos desafios. Campo Grande: Embrapa. 1997. “não Paginado”.
- EUCLIDES FILHO, K. O melhoramento genético e a pecuária de corte brasileira do terceiro milênio. Pecuária de corte. Pecuária de corte. São Paulo, v. 6, nº 59, p. 49-63, ago. 1999.
- FITZHUGH, H.A. Jr. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. Journal of Animal Science, v.42, n.4, p.1036-51, 1976.
- FRIES, L.A.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Julgamento de raças zebuínas: Genética e Melhoramento Animal. Uberaba: ABCZ/FAZU, 1999. 121p. (Módulo IV).
- FRISH, J.E.; VERCOE, J.E. Consideration of adaptative and productive components of productivity in breeding beef cattle for tropical Austrália. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2., Madrid, 1982
- GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M. The sire summary of the future. Revista Brasileira de Produção Animal. Belo Horizonte. v. 23, nº2, p. 57-150, abr/jun. 1999.
- GRESSLER, S.L.; PEREIRA, J.C.C; GRESSLER, M.G.M.; BERGMANN, J.A Dicotomia da seleção natural versus seleção artificial no melhoramento da fertilidade de bovinos. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, 46, 2004, Belo Horizonte. FEPMVZ.
- JOSAHKIAN, L.A.; MACHADO, C.H.C.; KOURY FILHO, W. Manual do programa de melhoramento genético das raças zebuínas. Uberaba: ABCZ, 2003. 98p.
- LUSH, J.L. Planos de melhoramento baseados na seleção. A exposição e o melhoramento genético dos animais. In: Melhoramento Genético dos Animais Domésticos. Rio de Janeiro: USAID,1964. p. 297-310.
- MACKINNON, M.J.; TAYLOR, J.F; HETZEL, D.J.S. Genetic variation and covariation in beef cow and bull fertility. Journal of Animal Science. V. 68, p.1208-1214, 1990.
- NÓBREGA, C. Vamos estudar pessoal? Exame. São Paulo. ed. 695. ano 33. nº 17. p.66-76, ago. 1999.
- NOTTER, D.R. Maximising fertility in animal breeding programs. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute State University, Department of Animal and Poultry Sciences, 1995. P. in reg. XI Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. Belo Horizonte,1995 - pré-congresso.
- ROSA, A. da N. Variabilidade fenotípica e genética do peso adulto e da produtividade acumulada de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. Tese (Doutorado, na área de concentração: genética). USP- Ribeirão Preto, 1999. 120p.

- SAMPAIO, N. de S. Exterior de zebuínos. In: CURSO INTENSIVO DE JULGAMENTO DE ZEBUÍNOS, 41. Uberaba. 26-30 jul. 1999. Curso.... Uberaba: ABCZ, 1999. “não paginado”.
- SEMINÁRIO Nacional: Revisão de critérios de seleção e julgamento em gado de corte: avaliação e resultados, 1998. Uberaba. Anais... . Uberaba: ABCZ, 1998. “não paginado”.
- SEMINÁRIO Nacional: Revisão de critérios de seleção e julgamento em gado de corte, 1998. Uberaba. Anais... . Uberaba: ABCZ, 1998. “não paginado”.
- SILVA, L.O.C. Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore criados a pasto no Brasil Central. Tese (Doutorado, área de concentração: genética). Viçosa – UFV, 1990. 113p.
- TRENKLE A.; WILLIAM, R. L. Bee production efficiency. Science, Washington, v. 198, n. 4321, p.1009-1015, 1977.
- UNANIAN, M.M. A procura de marcadores de precocidade em gado nelore. In: SIMPÓSIO: O NELORE DO SÉCULO XXI, 4. Uberaba, 16-19 de nov. 1997, Anais... . Uberaba: ABCZ, 1997.

BIOTÉCNICAS REPRODUTIVAS PARA ACELERAÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO

Ériklis Nogueira
Gisele Zoccal Mingoti
Alessandra Corallo Nicacio

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira vem ganhando destaque tanto no cenário econômico nacional quanto internacional graças às melhoras nos índices de produção alcançados nos últimos anos. Em 2011, o efetivo bovino alcançou 212,8 milhões de cabeças, sendo que o Brasil tornou-se, em 2012, o segundo produtor mundial e maior exportador mundial de carne bovina (IBGE, 2011; USDA, 2013).

Grande parte do sucesso no aumento do abate e níveis de produtividade devem-se às melhorias nos sistemas de produção, salientando o surgimento e crescimento das biotécnicas de reprodução. Atualmente, a indústria da reprodução animal movimenta no mundo valores em torno de 5 bilhões de dólares.

A utilização de touros avaliados (com DEPs positivas para características de interesse econômico) se mostrou um importante instrumento para a melhoria do patrimônio genético, mas a inseminação artificial (IA) aliada ao uso de protocolos que permitem a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), ou em momento pré-determinado, permitem o melhor aproveitamento do potencial genético dos machos. Já a transferência de embriões por superovulação (SOV) e a produção *in vitro* (PIV) de embriões são ferra-

mentas que possibilitam utilizar melhor o potencial reprodutivo de fêmeas e machos de qualidade superior, acelerando o melhoramento genético e favorecendo programas de seleção animal.

Neste capítulo serão abordadas as principais biotécnicas de reprodução que estão disponíveis aos criadores para implementação de programas de melhoramento genético.

INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL (IA)

Biotécnicas reprodutivas como a inseminação artificial têm proporcionado avanços significativos no melhoramento do rebanho bovino mundial, além de permitir o controle de doenças venéreas e diminuição de custos com reposição. São também vantagens: a redução na frequência de genes recessivos indesejáveis e a difusão do sêmen de touros superiores em regiões do mundo onde sua criação não seria possível.

Apesar dos seus benefícios, a IA é usada em um baixo percentual das fêmeas de corte nos países do Mercosul. Dentre as causas que limitam a expansão da técnica em bovinos de corte destaca-se a falta de profissionais capacitados para sua aplicação, o anestro pós-parto das vacas, as falhas na detecção do cio e a estrutura deficiente das propriedades, dentre outras. O Brasil possui cerca de 60 milhões de vacas em reprodução com prevalência de cerca de 80% de sangue zebu (*Bos indicus*) criadas, na sua grande maioria, a pasto, o que dificulta a detecção de cio e eficiência dos programas de IA.

Os sistemas tradicionais de detecção de cio (buçal marcador e observação visual) são eficazes em apenas 55-60% dos animais em cio, o que limita a eficiência do programa de IA. As perdas de cios aumentam o número de dias improdutivos dos animais e o intervalo entre partos, diminuindo o número de bezerros nascidos. Desta forma, programas de inseminação em tempo fixo, sem a necessidade de detecção de cio, colaboram para o aumento da eficiência e emprego da técnica.

INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO (IATF)

Na pecuária moderna, é primordial desenvolver formas de conhecer, controlar e melhorar os índices reprodutivos (taxa de prenhez, índice de serviço, intervalo entre partos, taxa de natalidade). Neste sentido, a IATF promoveu um avanço na utilização da inseminação artificial tradicional, sendo responsável pelo aumento de mais de 5% do rebanho bovino brasileiro inseminado nos últimos 10 anos. No ano 2000, foram comercializadas 5.769.348 doses de sêmen e, no ano de 2011, o número de doses de sêmen comercializadas no Brasil alcançou 11.906.763.

Os primeiros trabalhos de sincronização de cio preconizavam a indução do estro para posteriormente realizar a IA. Já os protocolos mais modernos objetivam sincronizar a ovulação, mesmo sem as manifestações de cio. Assim, é possível inseminar um grande número de animais em dias pré-determinados, sem a necessidade de detecção de cio.

As vantagens da utilização da IATF baseiam-se em: 1) eliminar a necessidade de observação de cio; 2) evitar a inseminação de vacas em momento errado; 3) induzir a ciclicidade em vacas em anestro pós-parto; 4) concentrar as atividades e diminuir a mão de obra;

5) diminuir investimentos com touros; e 6) diminuir o intervalo entre partos e encurtar a estação de monta, entre outras.

A prostaglandina (PGF) é um dos medicamentos mais utilizados em programas de sincronização deaios, agindo apenas sobre corpos lúteos (CL) maduros, geralmente presentes entre 5 a 6 dias após os sinais de cio. Os análogos sintéticos (cloprostenol, dinoprost, entre outros) são mais potentes que as prostaglandinas naturais. Atuam como agentes luteolíticos e determinam a queda dos níveis de progesterona, o que estimula o desenvolvimento folicular e pico do hormônio luteinizante (LH) dentro de três dias. Desta forma, a manifestação do estro pode ocorrer entre o primeiro e oitavo dias consecutivos após a administração de PGF.

Outro agente utilizado é o estradiol, um inibidor da secreção do hormônio folículo estimulante (FSH), potencializado pela inibina. A administração de estradiol durante a emergência de uma onda folicular interrompe o crescimento dos folículos, incluindo o dominante, nas primeiras 24 horas. Normalmente, cerca de 2 a 4 dias depois, ocorre a liberação de FSH, seguida da emergência de uma nova onda folicular.

Quando existe a presença de um corpo lúteo funcional, sensível à ação da prostaglandina (PGF 2α), o estradiol interage com receptores endometriais, o que estimula a liberação de PGF 2α e desencadeia a luteólise. Portanto, com o emprego do estradiol é possível sincronizar a emergência de uma onda folicular e promover lise do corpo lúteo.

Existem diferentes fórmulas de estradiol disponíveis, com diferentes períodos de permanência na corrente sanguínea dos animais. As principais apresentações são: 17- β , que permanece 1-2 dias na corrente sanguínea; Benzoato de Estradiol (BE), que permanece 2-3 dias na corrente sanguínea; Valerato de Estradiol, que permanece 8 dias na corrente sanguínea e o Cipionato de Estradiol, que permanece por 9 dias na corrente sanguínea.

Outro importante grupo de fármacos utilizados são os progestágenos, compostos que são similares à progesterona e podem ser de uso oral, como o acetato de melengestrol (MGA[®], Pfizer), implantes subcutâneos (CRESTAR[®], MSD) e dispositivos intravaginais (DIB[®], MSD; CIDR[®], Zoetis; PRID[®], Bayer; PRIMER[®] TECNOPEC-Agener União; CRONIPRESS[®], Biogenesis; SINCROGEST[®], Ouro Fino; PROCICLAR[®], HertapeCalier).

As associações hormonais utilizadas atualmente para a sincronização de estro têm o objetivo de induzir a luteólise, sincronizar as ondas foliculares e a ovulação, a fim de realizar a inseminação artificial em horário pré-fixado. Trata-se de importante ferramenta de manejo, pois possibilita a inseminação de muitos animais em um único dia. Os melhores resultados têm sido obtidos com associação de progesterona, estrógenos e prostaglandina, com porcentagem de prenhez de aproximadamente 40-60%. Nesses protocolos, o dispositivo de progesterona é geralmente mantido por 8 dias, sendo realizada uma aplicação de BE no momento da colocação do dispositivo de progesterona (P4). Quando o mesmo é retirado, é aplicada uma dose de PGF 2α , seguido da aplicação de BE (no momento da retirada ou 24 horas após) ou cipionato de estradiol (CE) (no momento da retirada do implante). A IATF deve ser realizada 48-54 horas depois da retirada do implante.

Dentre os fatores que interferem nas taxas de prenhez de IATF em vacas de corte, a aplicação de 300 a 400 UI de eCG (Gonadotrofina coriônica equina), no momento da retirada do dispositivo de P4, provoca aumento do diâmetro do folículo pré-ovulatório, com conseqüente melhoria das taxas de prenhez, sobretudo em vacas com Escore de Condição Corporal (ECC) moderado a baixo (<3, em escala de 1-5).

Outros indutores de crescimento folicular têm sido testados a fim de substituir o eCG. Por exemplo, já foi anteriormente avaliada a utilização de FSH e de FSH/LH no dia da retirada do implante de P4 em vacas Nelore paridas e os resultados demonstraram (Tabela 16.1) que os indutores não provocaram diferenças na taxa de prenhez, embora os animais apresentassem ECC acima de 3 (1-5) e boa parte dos animais estivesse ciclando. Assim, novos estudos estão sendo conduzidos para avaliar os efeitos dos indutores de crescimento folicular em vacas de menor ECC ou em anestro.

Outro fator que afeta as taxas de prenhez após IATF pode ser a qualidade do sêmen, tal como pode ser inferido pelas diferentes taxas de prenhez devidas aos touros (Tabela 16.1). Em outro trabalho onde foram avaliadas 5.249 inseminações em tempo fixo, foi observado que a maior taxa de prenhez foi de 61,9% e a menor foi de 40,9% (Figura 16.1), com uma variação de 21 pontos percentuais na taxa de prenhez, dependendo do sêmen utilizado.

Existem vários fatores que influenciam negativamente a fertilidade do sêmen bovino congelado, destacando-se o manuseio inadequado, o processamento para envase, a qualidade do ejaculado etc. Os parâmetros recomendados pelo CBRA (Colégio Brasi-

TABELA 16.1. Efeito dos tratamentos à remoção dos implantes de progesterona (P4), fazenda, ordem de parição e touro utilizado sobre o diâmetro do foliculo pré-ovulatório (FD) e taxa de prenhez (TP) em vacas Nelore submetidas à IATF

FONTES DE VARIAÇÃO	FD ± DP (MM)	P	TAXA DE PRENHEZ (%)	P
Tratamento				
Controle	12.40 ± 2.97		41.2 ^a	
eCG	14.31 ± 2.90	0,33	46.4 ^a	0.155
Folltropin® (FSH)	13.84 ± 2.64		46.3 ^a	
Pluset® (FSH/LH)	13.54 ± 3.44		48.2 ^a	
Fazenda				
1	13.82 ± 3.01	0,37	53.9 ^a	0.001
2	12.28 ± 2.62		40.3 ^b	
Ordem de parição				
Primíparas	12.19 ± 3.18	0,003	38.8 ^a	0.004
Múltiparas	14.38 ± 2.70		49.3 ^b	
Touro				
1			57.8 ^a	
2			31.8 ^b	0.05
3			47.3 ^a	

Fonte: Nogueira et al. (2013).

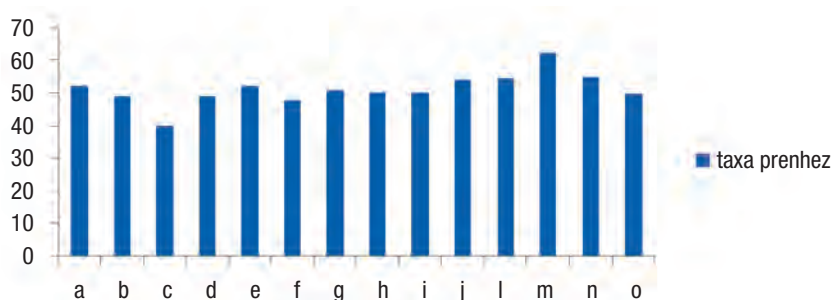


FIGURA 16.1. Taxa de prenhez (%) de acordo com o sêmen de diferentes touros (a, ..., o) utilizados na IATF. Fonte: Nogueira et al. (2011).

leiro de Reprodução Animal) e utilizados rotineiramente para avaliação da qualidade de amostras de sêmen congelado incluem volume, concentração espermática, número de espermatozoides viáveis na dose, motilidade progressiva ao descongelamento, motilidade após o teste de termorresistência, além da avaliação de morfologia espermática. Embora estes testes produzam uma série de informações, suas correlações com a fertilidade são, na maioria das vezes, conflitantes ou mesmo inexistentes. É esperado que a predição da fertilidade do sêmen seja melhorada se parâmetros adicionais baseados nas características funcionais do espermatozoide forem utilizados, como por exemplo o uso de sondas fluorescentes para avaliação da integridade da membrana espermática, testes de fertilização, teste hiposmótico, avaliação da integridade da cromatina ou a associação entre eles. Na Tabela 16.2, são sugeridos alguns parâmetros para utilização de sêmen bovino criopreservado a ser utilizado em IATF.

Outro ponto que influencia os resultados da IATF é a categoria animal. Trabalhos realizados por Nogueira et al. (2011) indicam que vacas solteiras apresentam melhores taxas de prenhez quando comparadas com vacas paridas, enquanto que novilhas apresentam o pior desempenho (Tabela 16.3). Tal resultado encontra-se de acordo com vários autores, que têm demonstrado que novilhas Nelore, mesmo ciclando normalmente, apresentam resultados variáveis e geralmente inferiores quando são submetidas a protocolos de IATF. Mesmo com resultados inferiores às outras categorias, o resultado de 48%

TABELA 16.2. Parâmetros recomendados para sêmen bovino criopreservado para utilização em IATF

PARÂMETRO	MÍNIMO RECOMENDADO	IDEAL
Motilidade ao descongelamento	40%	≥50%
Vigor ao descongelamento	3	≥4
Concentração de células viáveis	10 x 10 ⁶	≥ 15 x 10 ⁶
Defeitos totais	Máximo 20%	Máximo 15%
TTR (Teste de Termo Resistência)	15%	≥ 20%

TABELA 16.3. Taxa de prenhez de vacas submetidas à IATF, de acordo com a categoria animal

CATEGORIA	TOTAL	% DE PRENHEZ	% DE VAZIAS
Novilha	2558	48.5 ^c	51.5
Parida	2328	53.7 ^b	46.3
Solteira	363	64.7 ^a	35.5
Total	5249	51.8	47.2

Letras iguais na mesma coluna, não diferem ($P > 0,001$).

Fonte: Nogueira et al. (2011).

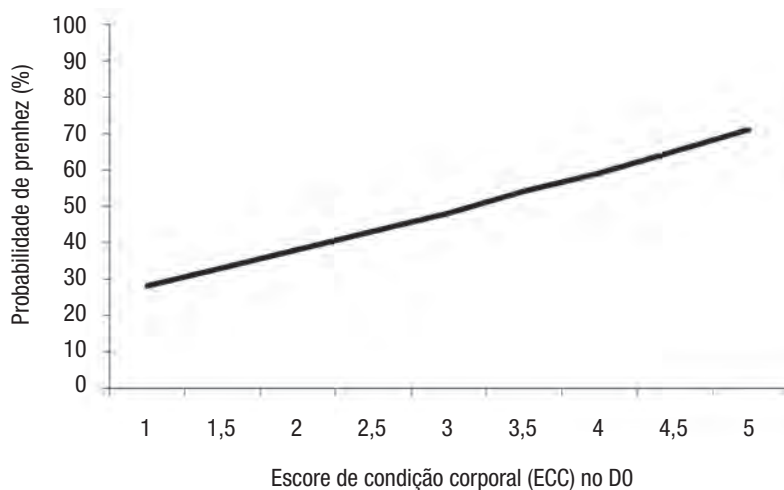


FIGURA 16.2. Efeito do ECC no dia do implante de P4 (D0) sobre a probabilidade de prenhez em vacas Nelore em pós-parto submetidas à IATF (N=329; $P < 0,05$). Fonte: Nogueira, E. (dados não publicados).

de prenhez é considerado satisfatório e demonstra que a técnica pode ser utilizada em qualquer uma destas categorias animais, desde que atendidas às recomendações técnicas para cada uma delas.

Também deve ser considerado o ECC dos animais utilizados em IATF, pois quanto maior o ECC, maior será a probabilidade de prenhez em vacas submetidas à IATF (Figura 16.2).

TRANSFERÊNCIA (TE) E PRODUÇÃO *IN VITRO* DE EMBRIÕES (PIV)

O número de embriões bovinos produzidos *in vivo* como resultado de Superovulação (SOV) e coletados por lavagem uterina, em todo o mundo no ano de 2009, foi de 704.000. Em contrapartida, foram 746.000 embriões em 2008, observando-se, portanto, uma queda de 5,6%. Já o número total de embriões bovinos transferíveis produzidos

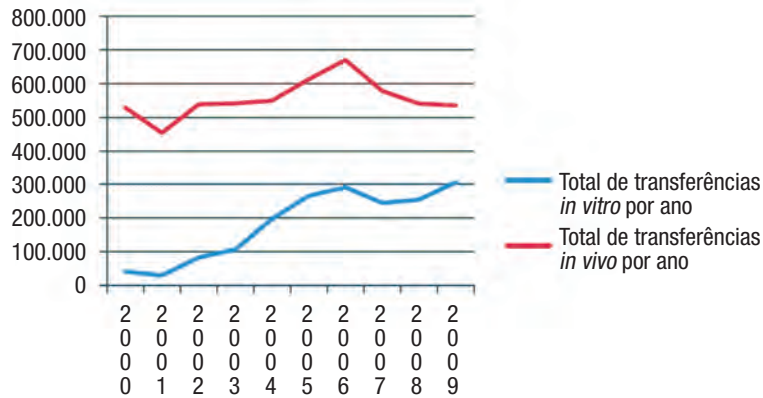


FIGURA 16.3. Número de embriões produzidos *in vivo* e *in vitro* e transferidos ao longo da década passada. Fonte: Adaptado de Stroud (2010).

in vitro (PIV) em todo o mundo foi de 379.000 em 2009, comparado com 331.000 em 2008. Isso representa um aumento de 12,7% na produção. O Brasil lidera a produção e transferência de embriões *in vitro*, respondendo por 68% desse mercado. A baixa eficiência da criopreservação de embriões PIV certamente compromete a expansão da técnica em outros países (apenas 7% dos embriões PIV transferidos em 2009 eram congelados). Embora, no Brasil, a utilização de embriões PIV tenha superado a utilização de embriões coletados *in vivo* (TE), observa-se que, no mundo, a produção *in vivo* supera em mais de 90% a produção *in vitro* (Figura 16.3).

Transferência de embriões obtidos por superovulação (SOV)

Desde a introdução da TE na atividade comercial, a partir da década de 1970 e após o desenvolvimento dos métodos não cirúrgicos simples, houve poucas alterações técnicas nos procedimentos de coleta e transferência de embriões produzidos por SOV. Porém, o material utilizado (cateteres e filtros, dentre outros) tem sido continuamente aprimorado e seu custo foi reduzido, o que possibilitou um aumento da eficiência da TE e, além disso, tornou-a mais acessível.

Infelizmente, a grande variação na resposta ao tratamento superovulatório continua limitando a aplicação comercial mais ampla da TE. Geralmente, 20-30% dos animais não respondem à SOV, enquanto outros 20-30% respondem apenas modestamente e com baixas taxas de fertilização (<6 embriões viáveis por coleta). Uma resposta aceitável de no mínimo 6 embriões viáveis por coleta têm sido obtida em apenas um terço das doadoras. Inúmeros fatores podem influenciar essa resposta, dentre os quais se destacam fatores relacionados ao embrião, meio ambiente (nutrição, estabulação, eficiência e exatidão da observação de cios, etc.), organismo materno e sua predisposição individual (idade, sensibilidade ao estresse, níveis de produção leiteira, genética), bem como a interação destes fatores.

Outros fatores, como o tipo e o grau de pureza dos fármacos, protocolo e dose utilizada, condição fisiológica no momento do início da SOV (presença de folículo dominante) e a nutrição das doadoras, também podem afetar grandemente a resposta aos tratamentos.

TABELA 16.4. Efeito da dose do hormônio folículo estimulante (FSH) sobre a produção de embriões *in vivo*

DOSE (UI)	EMBRIÕES TOTAIS (N)	EMBRIÕES TRANSFERÍVEIS (N)	EMBRIÕES DEGENERADOS (N)	EMBRIÕES NÃO FECUNDADOS (N)
166	5,25b	2,75 b	2,50ab	0
200	5,33 b	4,66ab	0,66b	0
250	11,70a	7,13a	3,25a	1,31a
300	10,50a	7,25a	1,75b	1,5a
333	8,14 a	5,60b	1,80a	0,74a

Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Nogueira et al., (2009).

Em trabalho realizado em Campo Grande (MS), foi observado efeito da dose de hormônio aplicado para SOV na produção de embriões em doadoras Nelore, no qual doses mais baixas (166 e 200 UI) de Pluset[®] produziram um menor número de embriões totais e transferíveis que doses intermediárias (250 e 300UI, Tabela 16.4). Já doses mais elevadas (333 UI) apresentaram quantidades semelhantes de embriões totais em relação às doses intermediárias, porém com menor quantidade de embriões transferíveis.

Dentre algumas estratégias que podem ser aplicadas para aumentar a eficiência nos protocolos de SOV, pode-se destacar: 1) seleção mais eficiente dos animais por meio de exames clínicos e ginecológicos regulares e controle reprodutivo no rebanho, a fim de detectar alterações no trato reprodutivo; 2) redução dos intervalos para tratamentos superovulatórios em um mesmo animal, para otimização das coletas (geralmente se tenta obter intervalos curtos de 45-60 dias quando as doadoras são submetidas a ciclos repetidos de SOV; 3) bipartição embrionária: esta técnica, quando conduzida com equipamento adequado, equipe treinada e embriões de boa qualidade, permite o aumento de até 50% dos bezerros produzidos por TE. Neste caso, o cultivo destes embriões de baixa qualidade por 24 h antes da TE é recomendável.

Resultados de prenhez obtidos com embriões de baixa qualidade (graus II e III), submetidos ou não a cultivo por 24 horas após a coleta, e embriões de qualidade excelente (grau I), sem cultivo são apresentados na Tabela 16.5. Os embriões de grau II e III em cultivo proporcionaram uma percentagem maior de prenhez, em comparação aos embriões grau II e III transferidos imediatamente pós-coleta, demonstrando os benefícios da técnica.

Também deve ser considerado o rebanho de receptoras disponível, pois a variação na qualidade dos animais é um dos principais fatores que influencia as taxas de prenhez. Normalmente a utilização de novilhas permite maiores taxas de gestação do que vacas, pois são animais que não sofrem os efeitos da amamentação, o que pode contribuir negativamente com as taxas de gestação.

Ainda em relação às receptoras, não foram observadas diferenças entre o diâmetro de corpo lúteo (CL) e concentração plasmática de progesterona, avaliadas em cinco diferen-

TABELA 16.5. Comparação de prenhez de embriões de graus I, II e III, sem cultivo, e de graus II e III, com cultivo

GRAU DE DESENVOLVIMENTO E CULTIVO DO EMBRIÃO	EMBRIÕES TRANSFERIDOS	PRENHEZES CONFIRMADAS	% DE PRENHEZ
Grau I sem cultivo	276	152	55 ^a
Grau II sem cultivo	370	118	32 ^b
Grau III sem cultivo	340	58	17 ^c
Embriões cultivados (graus II e III)	111	50	45 ^a

a≠b (P<0,05), pelo teste de Qui-quadrado.

Fonte: Nogueira et al., (2010).

TABELA 16.6. Número de receptoras (N), concentração plasmática de progesterona (P4, ng/mL), diâmetro do corpo lúteo (CL, cm) e porcentagem de prenhez de acordo com o grupo racial

OBSERVAÇÃO	GRUPO RACIAL ¹				
	½NM	½NC	NELORE	½NPS	½NA
Receptoras (N)	27	32	34	29	30
P4 (ng/mL) ²	1,58 ± 1,30 ^a	1,50 ± 1,11 ^a	1,48 ± 1,05 ^a	1,41 ± 0,89 ^a	1,07 ± 0,40 ^a
CL (cm) ²	2,10 ± 0,29 ^a	1,88 ± 0,39 ^a	1,92 ± 0,44 ^a	2,10 ± 0,42 ^a	1,96 ± 0,33 ^a
Prenhez (%) ³	59,2 ^a	40,6 ^{ab}	41,1 ^{ab}	48,3 ^{ab}	33,3 ^b

¹N: Nelore; M: Marchigiana; C: Caracu; P e S: Pardo Suiço e Simental; A: Angus.

²Médias seguidas pela mesma letra não diferem (P>0,05), pelo teste de Tukey.

³a≠b (P<0,05), pelo teste de Qui-quadrado.

Fonte: Nogueira et al. (2012).

tes grupos genéticos (Tabela 16.6). Receptoras ½Marchigiana x ½Nelore apresentaram taxa de prenhez superior a receptoras ½Angus x ½Nelore. As receptoras de outros grupos apresentaram resultados intermediários, mas sem diferenças entre si (Tabela 16.6).

Também foi verificado que, quanto maior o diâmetro do CL, maiores as taxas de concepção em receptoras de embrião bovino, avaliadas pela probabilidade de prenhez. Este resultado demonstra a importância da avaliação e utilização de receptoras com características ginecológicas adequadas (Figura 16.4).

Produção *in vitro* de embriões – PIV

A produção *in vitro* de embriões (PIV), aliada à aspiração folicular guiada por ultrassonografia (OPU), permitiu aumentar o uso do potencial genético de fêmeas de alto valor zootécnico, bem como de animais portadores de infertilidade adquirida e incapazes de produzir descendentes. No Brasil, existem várias empresas trabalhando com a PIV comercialmente, com resultados satisfatórios. Segundo o relatório da IETS (International Em-

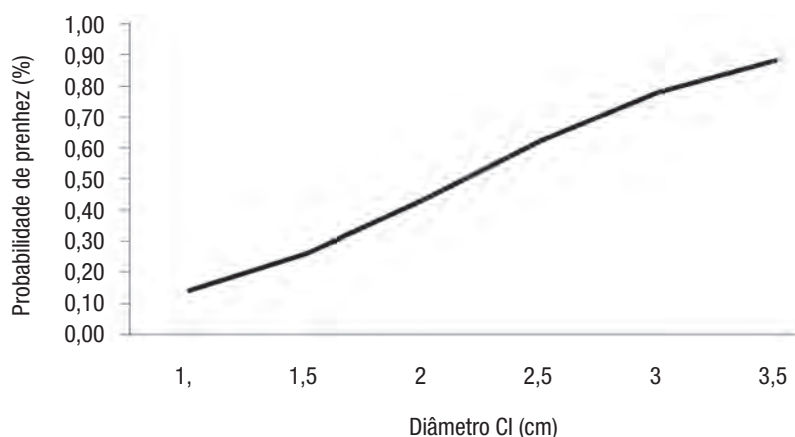


FIGURA 16.4. Probabilidade de prenhez em receptoras de embrião em função do diâmetro do CI (cm) ($P=0,006$).
Fonte: Nogueira et al. (2012).

bryo Transfer Society), um dos fatores responsáveis pela grande utilização desta técnica no Brasil é a grande disponibilidade de receptoras, o que não ocorre em outros países.

As oscilações nas taxas de sucesso estão ligadas ao uso da PIV em situações distintas, como diferentes categorias animais (bezerras, novilhas e vacas de corte ou leite), idade (pré-pubescentes ou senis), raças, estado reprodutivo (ciclicidade normal, gestantes, pós-parto), estado nutricional, frequência de aspiração (mensal, semanal, quinzenal) e administração de hormônios FSH e somatotropina recombinante bovina (BST). Também vale ressaltar que a utilização de animais zebuínos como doadores de ovócitos é um fator determinante para a rápida difusão da tecnologia, tendo em vista que o número de folículos/ovócitos encontrados nos ovários destes animais é superior ao encontrado em animais *Bos taurus taurus*, de modo que em apenas um procedimento de aspiração é possível a obtenção de dezenas de ovócitos. Há relatos na literatura de que vacas da raça Nelore produzem mais ovócitos, não sendo raro encontrar animais que produziram acima de 100 ovócitos em um único procedimento de OPU. Ainda não existe uma explicação para essa diferença entre fêmeas *Bos taurus indicus* e *Bos taurus taurus*. Dentre as hipóteses, a de que a população de folículos pré-antrais é maior em animais Nelore, foi uma das primeiras levantadas, por constituir a reserva de gametas femininos a ser utilizada ao longo da vida reprodutiva. No entanto, existe similaridade entre a população de folículos pré-antrais de fetos e novilhas *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* e variação individual significativa na quantidade dos folículos das duas categorias estudadas.

Em trabalho publicado recentemente sobre OPU e produção *in vitro* de embriões em vacas Nelore, foi relatada uma média de 30,84 ovócitos por vaca aspirada, sendo 23,23 ovócitos viáveis; 8,13 embriões viáveis produzidos por sessão de aspiração e 3,03 prenhez, perfazendo um total de 37,26% de prenhez no dia 30 e 35,79% de prenhez no dia 60 pós-transferência. Os dados são de 656 procedimentos de aspiração folicular e dão uma boa dimensão de como estão os resultados da técnica no país (Tabela 16.7).

Muitos elementos influenciam os resultados dos procedimentos de PIV, como origem e qualidade dos ovócitos, acasalamento e sêmen escolhido, habilidade do técnico, entre

TABELA 16.7. Médias e erros-padrão do número de observações por variáveis de desempenho reprodutivo relativas a 656 procedimentos de aspiração folicular seguida por ultrassonografia (OPU/PIV), realizados em doadoras Nelore, de acordo com as classes de produção de oócitos (G1 a G4)¹

CLASSES DE PRODUÇÃO ¹	N	NÚMERO DE OBSERVAÇÕES / VARIÁVEIS DE DESEMPENHO REPRODUTIVO					
		TOTAL DE OÓCITOS	OÓCITOS VIÁVEIS	EMBRIÕES VIÁVEIS	GESTAÇÕES 30º. DIA	GESTANTES 60º. DIA	PERDA EMBRIONÁRIA
G1	78	58,94±2,04 ^a	47,06±1,6 ^a	15,06±0,86 ^a	5,62±0,54 ^a	5,52±0,81 ^a	0,5±0,08 ^a
G2	80	32,61±0,50 ^b	24,95±0,33 ^b	9,17±0,63 ^b	3,63±0,36 ^b	3,32±0,33 ^b	0,3±0,06 ^b
G3	79	22,13±0,50 ^c	15,57±0,26 ^c	6,00±0,39 ^c	2,10±0,21 ^c	1,92±0,20 ^b	0,2±0,04 ^b
G4	80	10,26±0,57 ^d	6,31±0,38 ^d	2,42±0,25 ^d	0,92±0,13 ^d	0,85±0,13 ^b	0,1±0,03 ^b
Total	317	30,84±0,88	23,35±0,72	8,13±0,30	3,03±0,15	2,91±0,013	0,28±0,02

¹G1: maior produção de oócitos; G4: menor produção;

^{a-d}Médias na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem (P<0,05).

Fonte: Pontes et al. (2011).

TABELA 16.8. Média de dados de desempenho reprodutivo após procedimentos de aspiração folicular por ultrassonografia (OPU/PIV) realizados em doadoras Nelore alimentadas com diferentes requerimentos de energia na dieta

NÚMERO (N) OU PERCENTAGEM (%) DE EVENTOS POR VARIÁVEIS DE DESEMPENHO REPRODUTIVO	DIETAS ¹	
	CONTROLE	SUPERIOR
Folículos aspirados (N)	15,3 ± 6,3 ^b	26,6 ± 5,7 ^a
Oócitos recuperados (N)	6,1 ± 2,9 ^b	12,6 ± 5,8 ^a
Oócitos selecionados para PIV (N)	5,7 ± 1,8 ^b	9,2 ± 4,7 ^a
Blastocistos no dia 7 de CIV (N)	1,8 ± 0,8 ^b	4,6 ± 2,9 ^a
Blastocistos no dia 7 de CIV (%)	31,6 ^b	50,5 ^a

¹Controle: 100% dos requerimentos de energia de manutenção (EM); Superior: 70% acima dos requerimentos de EM;

^{ab}Médias na linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si (p<0,05).

Fonte: Nogueira (2008).

muitas outras variáveis, podendo originar embriões de diferentes qualidades e com diferentes perspectivas de uso. Mesmo o manejo nutricional das fêmeas doadoras de oócitos pode influenciar não apenas o desenvolvimento folicular e obtenção de maior número e qualidade de oócitos, mas também pode afetar os resultados da PIV (Tabela 16.8).

Um fator relevante surge da comparação entre embriões produzidos *in vivo* com aqueles produzidos *in vitro*, pois apresentam características de desenvolvimento diferenciadas. As taxas de desenvolvimento dos embriões produzidos *in vitro* podem ser

atrasadas em relação aos primeiros e, além disso, os embriões machos tendem a se desenvolver mais rapidamente que as fêmeas. Alguns trabalhos mostram que embriões PIV cultivados em meios indefinidos ou semidefinidos, por períodos prolongados, podem resultar em pequenas diferenças nos índices de nascimento de bezerras machos, porém outros não demonstram essas diferenças.

Outro ponto importante a ser melhorado na PIV, é a mortalidade embrionária pós-transferência, pois na maioria dos casos, as taxas de gestação desses embriões têm sido menor do que daqueles produzidos *in vivo*. Assim como nos animais transferidos de embriões produzidos *in vivo*, a perda dos embriões produzidos *in vitro* e transferidos no dia 7 pós-cio aumenta no dia 21 de gestação, com a maioria das perdas ocorrendo nos dias 14-15, ou cerca de 1 semana após a transferência. Esses dados indicam que os embriões PIV apresentam comprometimento na habilidade de sobreviver e iniciar os mecanismos que são essenciais para o reconhecimento materno da gestação.

O próprio sistema de cultivo para PIV exerce influência sobre a produção de embriões (produção numérica ou percentual), tais como suplementos dos meios e tensão de oxigênio utilizada (Tabela 16.9).

A suplementação do meio de cultura com fontes proteicas de origem animal tem apresentado os melhores resultados na maturação ovocitária e no desenvolvimento *in vitro* de embriões, sendo o soro fetal bovino (SFB) e a albumina sérica bovina (BSA) as fontes proteicas mais usadas, além do soro de vaca em estro, soro de égua em estro e o cocultivo celular. No entanto, a principal desvantagem da inclusão destas fontes proteicas nos meios é o risco de transmissão de doenças, o que prejudica o mercado de embriões, principalmente internacional. Mesmo assim, procedimentos de cultivo embrionário em que o soro é introduzido em fases mais adiantadas do procedimento foram introduzidos na rotina da PIV comercial.

Como na maioria das espécies, o início do desenvolvimento de embriões fertilizados *in vivo* ocorre no lúmen do oviduto, onde a pressão de oxigênio (O_2) é mais baixa (3 a 9%) que da atmosfera (20%). Uma estratégia utilizada para melhoria do sistema de cultivo *in vitro* é a utilização de atmosfera controlada (mistura de gases: 5% de CO_2 , 5% de O_2 e 90% de N_2). Além disso, podem-se adicionar agentes antioxidantes aos meios de maturação *in vitro* (MIV) e/ou cultivo *in vitro* (CIV), visando à proteção contra o estresse oxidativo. Entende-se por estresse oxidativo o resultado do desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de O_2 (ROS) e os mecanismos celulares antioxidantes.

A menor criotolerância parece estar altamente relacionada com o conteúdo lipídico intracitoplasmático de embriões produzidos *in vitro*, havendo diferenças tanto na quantidade como na composição lipídica, em decorrência da inclusão de certos componentes no meio de cultivo, como por exemplo, o SFB, ou mesmo de modificações no metabolismo do ovócito e embrião. O aumento de lipídeos intracelulares compromete a qualidade dos embriões, aumentando a sua sensibilidade ao estresse oxidativo e à criopreservação. Evidências indicam que a quantidade de lipídeos em ovócitos e embriões, bem como o metabolismo dessas células, podem ser alterados por modificações na composição dos meios de cultivo, particularmente pela adição de moléculas como ácidos graxos poliinsaturados. Como consequência, podem ser observadas melhorias nas taxas de criopreservação desses embriões.

TABELA 16.9. Número de óocitos (N) e percentagem de blastocistos, de acordo com diferentes tratamentos durante os processos de maturação e cultivo embrionário *in vitro*

TRATAMENTO	OÓCITOS (N)	BLASTOCISTOS (% ± EP)	REFERÊNCIA
<i>Suplemento durante a maturação in vitro</i>			
SFB (soro fetal bovino)	186	38,7 ± 5,9 ^a	Mingoti et al., 2009
BSA (albumina sérica bovina)	176	26,5 ± 4,7 ^a	
PVA (álcool polivinil)	173	35,6 ± 6,0 ^a	
PVP (polivinilpirrolidona)	209	32,0 ± 6,5 ^a	
<i>Atmosfera durante a maturação in vitro</i>			
5% CO ₂ em ar atmosférico (~20% O ₂)	581	40,8 ± 22,7 ^a	Mingoti et al., 2009
5% CO ₂ , 5% O ₂ , 90% N ₂	558	18,2 ± 2,5 ^a	
<i>Antioxidantes durante a maturação in vitro</i>			
Sem antioxidantes	201	48,7 ± 3,4 ^a	Rocha et al., 2012
Com antioxidantes	565	55,4 ± 3,7 ^a	
<i>Suplemento durante o cultivo in vitro</i>			
SFB	471	44,5 ± 3,3 ^a	Accorsi et al., 2012
BSA	471	12,0 ± 4,8 ^b	
<i>Atmosfera durante o cultivo in vitro</i>			
5% CO ₂ em ar atmosférico (~20% O ₂)	766	52,1 ± 1,5 ^a	Rocha et al., 2012
5% CO ₂ , 5% O ₂ , 90% N ₂	612	38,4 ± 1,5 ^b	
<i>Antioxidantes durante o cultivo in vitro</i>			
Sem antioxidantes	201	48,7 ± 3,4 ^a	Rocha et al., 2013
Com antioxidantes	532	41,7 ± 4,5 ^a	

^{ab}Médias na mesma coluna, para cada categoria avaliada, seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em conjunto, estas estratégias proporcionam melhorias tanto nas taxas de produção embrionária como também na sua qualidade e criotolerância. O sucesso da criopreservação de embriões bovinos PIV é fundamental para se estabelecer sua utilização em escala comercial em todo o mundo, pois possibilita o armazenamento por tempo indeterminado de embriões. Entre as vantagens da criopreservação de embriões salienta-se a preservação de material para o estabelecimento de bancos genéticos para uso futuro, armazenamento de embriões não transferidos, maior facilidade para o intercâmbio comercial de animais/

embriões entre diferentes regiões ou mesmo com outros países e, finalmente, proporcionar a otimização do aproveitamento de receptoras e de gametas femininos.

Apesar das limitações acima apresentadas, é inegável o aumento da produção de bezerras a partir da técnica de PIV no Brasil, quer seja pela diminuição do intervalo entre coletas, pela maior produção de embriões, ou pela utilização de animais impossibilitados de produzir embriões por meio de outras técnicas (pós-parto, gestantes, animais velhos, ou com patologias adquiridas). Outra vantagem que tem despertado interesse de grande parte dos criadores é a melhor utilização do sêmen, sobretudo de doses de alto valor, pois enquanto na técnica de SOV são utilizadas duas doses por doadora coletada, na técnica de PIV uma única dose de sêmen pode ser utilizada em até 8-10 doadoras, dependendo do número de ovócitos coletados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas aqui apresentadas podem ser utilizadas concomitantemente na multiplicação de rebanhos de genética superior ou em rebanhos comerciais, favorecendo a aceleração do melhoramento genético. A IA e a IATF vêm aumentando sua participação na reprodução de bovinos e as melhorias no manejo animal e nas técnicas de suas aplicações proporcionarão ainda mais resultados. Na produção *in vivo* (PIV) de embriões, seriam necessárias melhorias nas respostas à superovulação, bem como nas taxas de concepção dos embriões transferidos. Em relação à PIV, os resultados de pesquisa indicam que a exposição do ovócito/embrião ao ambiente *in vitro* durante os 7 dias de cultivo pode influenciar a morfologia embrionária, expressão gênica fetal e desenvolvimento fetal e placentário. Os mecanismos biológicos que provocam estas condições permanecem ainda não totalmente compreendidos. As melhoras na PIV, com alterações nos sistemas de cultivo e criopreservação dos embriões podem aumentar ainda mais a utilização desta técnica com rápida multiplicação de animais de genética superior em programas de melhoramento animal.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ABREU, U.G.P.; CÉZAR, I.M.; TORRES, R.A. Análise bioeconômica da introdução do período de monta em sistemas de produção de rebanhos de cria na região do Brasil Central. *Rev Bras Zootec*, v.32, p.1198-1206, 2003.
- ACCORSI, M.F.; ROCHA, N.A.S.; LEÃO, B.C.S.; MINGOTI, G.Z. In vitro production of bovine embryos in the absence of FBS under different oxygen tensions: implications in embryonic development and levels of intracellular reactive oxygen species - preliminary results. *Animal Reproduction*, v.9, p.624 (Abstract), 2012.
- AGCA, Y.; MONSON, R.L.; NORTHEY, D.L.; MAZNI, O.A. et al. Transfer of fresh and cryopreserved IVP bovine embryos: normal calving, birth weight and gestation lengths. *Theriogenology*, 10:147-62, 1998.
- AMARAL, T.B.; COSTA, F.P.; CORRÊA, E.S. Touros melhoradores ou inseminação artificial: um exercício de avaliação econômica. Campo Grande, MS: Embrapa/CNPGC, 2003. 15p. (Embrapa/CNPGC, Documentos, 140).
- ANDERSSON, M.; TAPONENA, J.; KOSKINENA, E.; DAHLBOMB, M. Effect of insemination with doses of 2 or 15 million frozen-thawed spermatozoa and semen deposition site on pregnancy rate in dairy cows. *Theriogenology*, v. 61, p.1583-1588, 2004.

- ARRUDA, Z.J. Considerações econômicas sobre a produção de bezerros de corte. Campo Grande, MS: Embrapa-CNPGC, 1993. 4p. (Embrapa/CNPGC, Documentos, 47).
- ASBIA. Índice ASBIA- importação, exportação e comercialização de sêmen- 2011. ASBIA. São Paulo SP, 2011.
- BARUSELLI, P.S.; FERREIRA, R.M.; SALES, J.N.S.; GIMENES, L.U. et al. Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*, 76:1583–1593, 2011.
- BOLAND, M.P.; LONERGAN, P.; O' CALLAGHAM, D. Effect of nutrition on endocrine parameters ovarian physiology and oocyte and embryo development. *Theriogenology*, 55:1323-1340, 2001.
- DELEUZE, S.; GOUDET, G. Cysteamine supplementation of in vitro maturation media: a review. *Reprod Domest Anim*. 45: 476-482, 2010.
- FARIN, P.W.; FARIN, C.E.; CROSIER, A.E.; BLONDIN, P.; ALEXANDER, J.E. Effect of in vitro culture and maternal insulin-like growth factor-I on development of bovine conceptuses. *Theriogenology*, v.51, p.238, 1999.
- GARCIA, J.M.; YAMAZAKI, W.; AVELINO, K.B.; VANTINI, R.; SENEDA, M.M.; ÉSPER, C.R. Produção *in vitro* de embriões bovinos: aspectos técnicos e comerciais. *Rev. Bras. Reprod Anim*. 27:2, 2003.
- GORDON, I. Laboratory production of cattle embryos. 2.ed. Cambridge: University Press, 2003. 548p.
- GOTTARDI, F.P.; MINGOTI, G.Z. Maturação de óocitos bovinos e influência na aquisição da competência para o desenvolvimento do embrião. *Rev Bras Reprod Anim*, 33:82-94, 2009.
- HASLER, J.F. *In vitro* culture of bovine embryos in Menezes' B2 medium with or without coculture and serum: the normalcy of pregnancies and calves resulting from transferred embryos. *Anim Reprod Sci* ;60:81-91, 2000.
- KRUIP, THAM DEN DASS, J.H.G. In vitro produced and cloned embryos: effects on pregnancy, parturition and offspring. *Theriogenology*.47:43-52, 1997.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal 2010-2011. Efetivo dos rebanhos em 31.12, e variação anual, segundo as categorias - Brasil - 2010-2011. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2011/tabelas_pdf/tab01.pdf
- LEÃO, B.C.S. Efeitos da suplementação lipídica sobre o desenvolvimento embrionário e criotolerância de embriões bovinos produzidos in vitro. 87p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2012.
- LEIBO, S.P.; RALL, W.F. Increase in production of pregnancies by bisection of bovine embryos. *Theriogenology*, 27:245, 1987.
- LONERGAN, P.; FAIR, T. In vitro-produced bovine embryos- Dealing with the warts. *Theriogenology*, 69:17-22, 2008.
- MADUREIRA, E.H.; BARUFI, F.B.; BARBUIO, J.P.; MIZUTA, K.; ROSSA, L.A.F.; BINELLI, M.; BARUSELLI, P.S. Sincronização do estro com emprego do PRID em vacas de corte zebuínas amamentando. *Rev Bras Reprod Anim*, 26: 233-236, 2002.
- MANUAL para exame andrológico e avaliação de sêmen animal, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. 2 ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998.
- MARDINI, F.B. Estudo comparativo dos protocolos utilizados na sincronização do cio de receptora para transferência de embriões. Campo Grande-MS: UNIDERP, 2000. 68p. (Monografia de graduação em Medicina Veterinária).
- MARTINEZ, M.L.; YAMAGUCHI, L.C.T.; VERNEQUE, R.S. Aplicativo para cálculo do custo da monta natural e da inseminação artificial em bovinos, Embrapa/CNPGL/ASBIA, 2004. Disponível em: <http://www.asbia.org.br/custos/leite.asp>.
- MINGOTI, G.Z.; GARCIA, J.M.; ROSA-E-SILVA, A.A. The effect of serum on in vitro maturation, in vitro fertilization and steroidogenesis of bovine oocytes co-cultured with granulosa cells. *Braz J Med Res*, 28:213-217, 1995.
- MINGOTI, G.Z.; CAIADO CASTRO, V.S.; MÉO, S.C. et al. The effect of interaction between macromolecule supplement and oxygen tension on bovine oocytes and embryos cultured in vitro. *Zygote*, 17:321-328, 2009.
- NOGUEIRA, E. Efeitos da suplementação energética e lipídica no perfil metabólico, desenvolvimento folicular e produção *in vitro* de embriões em novilhas da raça nelore (*Bos taurus indicus*). 87 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2008.

- NOGUEIRA, E.; MARQUES JUNIOR, H. R.; RODRIGUES, L.A.; ALMEIDA, H.L.; UNTEM, R.R.; SILVA, A.S.; ARAUJO, J.M. Efeito de diferentes doses de fsh (Pluset) sobre a produção de embriões em vacas Nelore (*Bos taurus indicus*). In: III CONGRESSO DE MEDICINA VETERINÁRIA NO MATO GROSSO DO SUL E SUAS FRONTEIRAS, 2009, campo grande. Anais do III Comvet, 2009.
- NOGUEIRA, É.; MARQUES JUNIOR, H.R.; DIAS, A.M.; ITAVO, L.C.V.; PAULA, M.R.L.; PAUPERIO JUNIOR, L.F. Avaliação da taxa de prenhez de embriões in vivo de baixa qualidade submetidos a cultivo por 24 horas. In: 47a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010, Salvador. Anais da 47a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- NOGUEIRA, E.; SILVA, A.S.; DIAS, A.M. et al. Taxa de prenhez de vacas Nelore submetidas a protocolos de IATF no Pantanal de MS. Corumbá: Embrapa Pantanal, 6 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 97). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT97.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2011.
- NOGUEIRA, E.; SILVA, A.S., MARQUES JÚNIOR, H.R.; NOGUEIRA, R.J.; BORGES, J.C. Taxa de prenhez de vacas Nelore submetidas a protocolos de IATF no Planalto Boliviano Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 5p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 101). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT101.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2011.
- NOGUEIRA, E.; CARDOSO, G.S.; MARQUES JUNIOR, H.R.; DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V.; BORGES, J.C. Effect of breed and corpus luteum on pregnancy rate of bovine embryo recipients. R. Bras. Zootec., v.41, n.9, p.2129-2133, 2012.
- NOGUEIRA, E.; COSTA FILHO, L.C.C.; SILVA, A.S.; BORGES, J.C.; DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V. Taxa de prenhez em vacas Nelore submetidas a IATF e tratadas com diferentes indutores de crescimento folicular. Rev Bras Zootec, no prelo. 2013.
- OLSON, S.E.; SEIDEL JR, G.E. Reduced oxygentension and EDTA improve bovine zygote development in a chemically defined medium. J Anim Sci ,78:152–157, 2000.
- PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 2. ed. Belo Horizonte, MG: FEP/ MVZ, 1999. 480p.
- PONTES, J.; NONATO-JUNIOR, I.; SANCHES, B.; ERENO-JUNIOR, J.; UVO, S.; BARREIROS, T.; OLIVEIRA, J.; HASLER, J.; SENEDA, M. Comparison of embryo yield and pregnancy rate between in vivo and *in vitro* methods in the same Nelore (*Bos indicus*) donor cows. Theriogenology, 71:690-697, 2009.
- PONTES, J.H.F.; MELO STERZA, F.A.; BASSO, A.C.; FERREIRA, C.R.; SANCHES, B.V.; RUBIN, K.C.P.; SENEDA, M.M. Ovum pick up, in vitro embryo production, and pregnancy rates from a large-scale commercial program using Nelore cattle (*Bos indicus*) donors. Theriogenology 75, 1640–1646, 2011.
- REICHENBACH, H.D. Transferência e congelamento de embriões bovinos: Considerações Práticas. Acta Scientiae Veterinariae. 31: 28-50 (suplemento), 2003.
- RIZOS, D.; WARD, F.; BOLAND, M.P. et al. Effect of culture on the yield and quality of bovine blastocysts as assessed by survival after vitrification. Theriogenology, 56:1-16, 2001.
- ROCHA, N.A.S. Efeitos de antioxidantes e da atmosfera gasosa em diferentes etapas da produção in vitro sobre o desenvolvimento e criotolerância de embriões bovinos. 109p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2012.
- ROCHA-FRIGONI, N.A.S.; LEÃO, B.C.S.; NOGUEIRA, E.; ACCORSI, M.F.; MINGOTI, G.Z. Reduced levels of intracellular reactive oxygen species and apoptotic status are not correlated with increases in cryotolerance of bovine embryos produced in vitro in the presence of antioxidants. Reprod. Fertil. Dev., publicado online 06 Junho 2013, p.A-I (<http://dx.doi.org/10.1071/RD12354>)
- RODRIGUES, J.L. Transferência de embriões bovinos- histórico e perspectivas atuais, Rev. Bras. Reprod. Anim., 25:2, 2001.
- RUBIN, M.I.B.; PESSOA, G.A.; FRAGA, D.R.; VASCONCELOS, F.F.; SILVA, C.A.M. Produção in vitro de embriões e Clonagem: um caminho conhecido? Rev Bras Reprod Anim Supl, 6:77-85, 2009.
- SÁVIO, J.D.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. J Rep And Fert, 83: 663-671, 1988.
- SEIDEL J.R.; G.E. Modifying oocytes and embryos to improve their cryopreservation. Theriogenology, 65:228–235, 2006.

- SILVA, K.C.F. Estudo comparativo da recuperação de complexo cumulusoócito e da população de folículos pré-antrais entre fêmeas *Bostaurus taurus* e *Bostaurus indicus*. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2009.
- SILVA, A.S.; COSTA E SILVA, E.V.; NOGUEIRA, E.; ZÚCCARI, C.E.S.N. Avaliação do custo/benefício da inseminação artificial convencional e em tempo fixo de fêmeas bovinas pluríparas de corte. *Rev Bras Reprod Anim*, 31(4), p.443-455, 2007.
- STROUD, B. IETS Statistics and Data Retrieval Committee Report. The year 2009 worldwide statistics of embryo transfer in domestic farm animals, IETS Newsletter December 2010, International Embryo Transfer Society, 2441 Village Green Place, Champaign, IL 61822 USA. 28(4): 11-21. Available at: <http://www.iets.org>
- USDA-Livestock and Poultry. World Markets and trade: World Exports 2013 Revised: Broiler Meat Higher, Beef Lower and Pork Unchanged (http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf).
- VAN SOON, A.; de KRUIF, A. A comparative study of in vitro and in vivo derived bovine embryos. *Proc 12th Int Congress Anim Reprod*. The Hague, Netherlands; 3:1363-1365, 1992.



GENÔMICA APLICADA AO MELHORAMENTO GENÉTICO DE GADO DE CORTE

**Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Luciana Correia de Almeida Regitano
Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva
Fernando Flores Cardoso
Luiz Otávio Campos da Silva
Fabiane Siqueira
Andrea Alves do Egito**

INTRODUÇÃO

A correta identificação dos indivíduos geneticamente superiores para características de importância econômica é decisiva para o sucesso de um programa de melhoramento genético. Não por acaso, os métodos usados na identificação desses indivíduos têm evoluído desde a domesticação dos bovinos, sendo alvo de importante parcela de pesquisas em todo o mundo. Partindo da simples avaliação visual, chegou-se às atuais avaliações genéticas nas quais, por meio de complexos modelos genético-estatísticos, são combinados dados fenotípicos e genealógicos, permitindo a predição do valor genético de cada indivíduo para as diversas características de interesse econômico.

Atualmente, esses valores são disponibilizados na forma de Diferença Esperada na Progenie (DEP), que é a metade do valor genético predito e representa o desvio esperado da média dos filhos de um dado indivíduo para uma determinada característica em re-

lação à base genética da população avaliada. Quanto mais precisa for a DEP, maior será o progresso genético obtido ao se utilizar essas informações na seleção. Em outras palavras, quanto mais próximo for o valor predito em relação ao real (verdadeiro) mérito genético, maior o ganho alcançado. Além disso, quanto mais precoce for a obtenção das DEPs com elevada acurácia, mais rápido se dará o avanço genético de um rebanho/população por unidade de tempo, como resultado do uso mais intenso de animais jovens na reprodução.

Nos últimos anos, com a rápida evolução e popularização das tecnologias da genética molecular, as quais permitem acessar e manipular o genoma, diversas abordagens para o uso desse conhecimento começaram a surgir no cenário do melhoramento genético, inclusive em gado de corte, com o objetivo de aumentar a acurácia das avaliações genéticas. Resultados em programas de melhoramento de gado de leite conduzidos na América do Norte e Europa mostraram que, se os dados genômicos forem utilizados de modo conjunto com os fenotípicos e genealógicos, os benefícios podem ser significativos também para o melhoramento genético de gado de corte.

No entanto, essa nova personagem, a genômica, trouxe um vasto grupo de conceitos novos e diferentes para o cotidiano do melhorista/selecionador como, por exemplo, os de marcador molecular, de *chip* de SNP, de seleção genômica, entre outros. Tornar-se familiarizado com essas novidades é importante para quem quer trabalhar com melhoramento genético. Além disso, a maior dúvida e, provavelmente, a mais desafiante, é como o conhecimento do genoma pode ser aplicado de forma viável e eficaz no processo de melhoramento genético de gado de corte.

Assim, esclarecer o significado de conceitos básicos da genômica no contexto do melhoramento genético, bem como apontar e comentar sobre as potencialidades e desafios de seu uso, será o objetivo daqui em diante.

GENOMA E GENÔMICA

Genoma é o conjunto completo do material genético de um organismo, sendo constituído por moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleico), as quais são formadas por seqüências de pares de nucleotídeos. Um nucleotídeo do DNA é formado por uma pentose, um grupo fosfato e uma das seguintes bases nitrogenadas: adenina (A), citosina (C), timina (T) e guanina (G). Toda a informação hereditária está codificada no genoma. Segmentos de DNA formam os genes, os quais são responsáveis pela expressão das características que medimos como ganho de peso e maciez da carne, entre outras. Estima-se que o genoma bovino seja composto por cerca de 22.000 genes e 2,87 bilhões de pares de nucleotídeos.

Genômica é a área da ciência que se ocupa com o estudo do genoma. Estudos de genômica envolvem mapeamento genético, sequenciamento de genes ou de genomas completos de organismos selecionados, organização dos resultados em bancos de dados acessíveis e desenvolvimento de aplicações para os dados genômicos em áreas de interesse como Biologia, Medicina e Zootecnia. Nas últimas décadas, grandes avanços foram obtidos em genômica devido à fantástica evolução de tecnologias ligadas à informática e eletrônica as quais permitiram o acesso a esses dados e sua manipulação.

MARCADORES MOLECULARES

Os marcadores moleculares são variações no genoma que podem caracterizar as diferenças genéticas entre dois ou mais indivíduos e são analisados com auxílio de diferentes metodologias de biologia molecular. Quando os marcadores moleculares se mostram associados às características de produção ou a alguma doença genética, eles podem contribuir para o processo de melhoramento genético. Assim, eles são ferramentas adicionais para melhorar a eficiência dos processos de seleção e sua utilização pode prover mais segurança na escolha dos reprodutores.

Estudos demonstram que é possível associar variações de desempenho como, por exemplo, maior ou menor peso à desmama, a algumas regiões do genoma que se denominam locos de caracteres quantitativos ou QTL (do inglês *Quantitative Trait Loci*). Esses QTLs podem conter um ou vários genes que apresentem ação sobre a variação no desempenho. Devido à dificuldade de demarcar, com exatidão, o QTL, os marcadores são usados como pontos de referência. Funcionam, analogamente, como placas de quilometragem, em uma rodovia, e podem ser usadas como indicativo da presença de, por exemplo, um posto de combustível.

Dentre os diversos tipos de marcadores moleculares existentes, aqueles do tipo polimorfismo de única base (SNP – do inglês *Single Nucleotide Polymorphism*) têm papel de destaque na genômica atual. Os SNPs são alterações elementares da molécula de DNA, ou seja, mutações em sítios únicos da cadeia de bases nitrogenadas. As mutações mais comuns são as transições, onde ocorrem trocas de uma purina por outra purina (A por G) ou de uma pirimidina por outra pirimidina (C por T). Menos frequentes, as transversões ocorrem quando há troca de uma purina por uma pirimidina, ou vice-versa (C por T ou A ou G). Os SNPs estão presentes em alta densidade no genoma, ou seja, estão distribuídos por toda a sua extensão e em grande quantidade. Podem ocorrer em regiões codificadoras ou com função regulatória, porém, na maior parte das vezes, são encontrados em espaços intergênicos, sem função determinada.

Ademais, SNPs são passíveis de análise simultânea em arranjos de milhares de marcadores, os chamados “*chips* de SNP”, com possibilidade de automação. Esse último aspecto, altamente desejável em situações que exigem a análise de grande número de indivíduos e de marcadores, permitiu que estudos com genômica comessem a serem feitos com amostras maiores de indivíduos, o que tornou possível e viável sua aplicação em programas de melhoramento genético de bovinos de leite e de corte.

De forma geral, os estudos de genômica envolvendo SNPs, podem ser, dependendo de seu objetivo principal, didaticamente, divididos em Estudos de Associação Genômica Ampla (GWAS – do inglês *Genome-Wide Association Studies*) e Seleção Genômica. Em GWAS, o principal objetivo é usar os SNPs para mapear QTLs, ou seja, identificar regiões do genoma relacionadas com a expressão de características de importância econômica ou com a regulação de alguma rota metabólica importante. A Seleção Genômica, por sua vez, objetiva usar os SNPs como ferramentas auxiliares na predição de DEPs mais acuradas, contribuindo para um processo de seleção mais eficaz. No entanto, essas abordagens são complementares, pois, na prática, os resultados obtidos com GWAS fornecem grandes subsídios àqueles focados em Seleção Genômica.

A seguir, os tópicos sobre GWAS e Seleção Genômica serão explorados com maior detalhamento.

ESTUDOS DE ASSOCIAÇÃO GENÔMICA AMPLA (GWAS)

Os estudos de associação genômica ampla (GWAS) utilizam uma grande quantidade de marcadores do tipo SNP, situados em todo o genoma, para a identificação de possíveis associações entre regiões cromossômicas e características de interesse (fenótipos) em dada população. Nesse tipo de estudo, supõe-se que uma determinada mutação relacionada ao fenótipo esteja fortemente ligada, ou seja, em desequilíbrio de ligação com alguns marcadores.

Essa abordagem representa uma grande evolução em relação à metodologia clássica de análise de genes candidatos, uma vez que não é necessário conhecimento prévio profundo dos mecanismos fisiológicos envolvidos na manifestação da característica investigada. A estratégia usada é medir e analisar variações em todo o genoma (SNPs) e relacioná-las, por exemplo, à suscetibilidade a uma doença ou a maiores ou menores níveis de produção. Em última instância, objetiva-se, com GWAS, conhecer a arquitetura genética de uma característica, ou seja, quais e quantos genes estão envolvidos na sua expressão e, como e quando interagem.

Uma condição primordial para o sucesso dos GWAS é a existência de fenótipos bem definidos e confiáveis, sendo necessária a utilização de amostras provenientes de uma população representativa do fenótipo de interesse. O tamanho amostral deve ser suficientemente grande para detectar até mesmo pequenas associações com os SNPs, já que polimorfismos que explicam até 1% do fenótipo podem ser efetivos na elucidação de suas bases biológicas. Se esses pré-requisitos não forem atendidos, não importa qual estratégia de análise dos dados seja utilizada, os resultados não serão confiáveis.

A utilização de um grande número de amostras torna essa metodologia bastante dispendiosa, sendo que a realização de GWAS em múltiplas etapas pode ser realizada para minimizar os custos. Dessa forma, pode ser realizada uma etapa de triagem onde se analisa um pequeno número de animais utilizando *chips* de SNPs de alta densidade. Na etapa seguinte, em um número maior de animais, trabalha-se apenas com os SNPs que demonstraram forte associação com os fenótipos de interesse. Essa estratégia beneficia, principalmente, os estudos envolvendo características complexas cuja mensuração dos fenótipos é onerosa, difícil e/ou demorada.

Outro grande desafio para se obter sucesso em análises de GWAS é a utilização de métodos estatísticos suficientemente poderosos que permitam detectar associações sem nenhum tipo de viés, descartando aquelas associações consideradas falsas. A análise de dados em GWAS, de forma geral, é realizada com uma série de testes estatísticos que examinam a associação do fenótipo com cada SNP independentemente. A escolha do teste estatístico depende de diversos fatores e são diferentes para características dicotômicas (binárias) e contínuas (quantitativas). Características dicotômicas são, normalmente, analisadas usando-se métodos de tabelas de contingência (teste de Qui-Quadrado, teste exato de Fisher e outros) ou regressão logística. Já as características contínuas são, geralmente, analisadas sob abordagens de modelo linear generalizado (GLM), mais comumente a Análise de Variância (ANOVA).

Em humanos, o conhecimento gerado em GWAS já está sendo aplicado no desenvolvimento de estratégias de prevenção e tratamento de doenças com resultados promissores. Em gado de corte, diversas pesquisas em todo o mundo têm sido conduzidas envolvendo GWAS, com resultados interessantes e práticos, como testes genômicos para identificação de indivíduos portadores de alelos ligados a anomalias genéticas letais ou à cor de pelagem, por exemplo. Há, para raças taurinas, diversos relatos de regiões genômicas associadas a características quantitativas de produção e qualidade de produto. Quanto às raças zebuínas, existem para a raça Nelore descrições de regiões genômicas associadas a atributos de qualidade da carne (maciez, espessura de gordura subcutânea, conteúdo total de gordura e perfil de ácidos graxos), características de temperamento e encontra-se, em fase final, a descrição de regiões associadas à eficiência alimentar.

SELEÇÃO GENÔMICA

A seleção genômica pode ser definida como a seleção simultânea para dezenas (ou centenas) de milhares de marcadores cobrindo de modo denso todo o genoma, de tal forma que todos os genes estejam muito próximos de, pelo menos, alguns desses marcadores.

O modelo conceitual elementar para a implementação da seleção genômica, ou seja, para estimar os efeitos dos SNPs e os valores genéticos genômicos, pode ser representado por:

$$y_i = \mu + \sum_{j=1}^n x_{ij} g_j + e_i,$$

em que: y_i = fenótipo observado do animal i ; μ = média geral; x_{ij} = variável indicadora que relaciona o efeito do genótipo g_j ao fenótipo observado do animal i ; e e_i é um erro aleatório. O valor genético genômico (\hat{a}_i) de um determinado animal i pode ser predito simplesmente somando-se as estimativas dos efeitos dos SNPs disponíveis:

$$\hat{a}_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \hat{g}_j,$$

Diversos métodos têm sido propostos para estimar os efeitos dos SNPs, os quais podem ser divididos, de forma geral, naqueles que estimam efeitos para todos os SNPs e naqueles que assumem que apenas uma fração dos SNPs têm efeitos sobre uma característica. Para ambos os métodos, é necessário se ter uma população de treinamento (ou calibração) que será usada para derivar as equações de predição, ou seja, estimar os efeitos dos SNPs. Esta população precisa ser formada por indivíduos com fenótipos e genótipos (SNPs) conhecidos e ser representativa da população sob seleção. O tamanho da população de treinamento depende de vários fatores, incluindo a herdabilidade da característica e a estrutura da população.

Após a estimação dos efeitos dos SNPs com base em adequada população de treinamento, os métodos de seleção genômica permitem que a identificação dos animais geneticamente superiores seja feita antes da coleta de dados fenotípicos, acelerando o

processo de tomada de decisões e diminuindo custos. No entanto, é necessário que, ao longo do tempo, os efeitos dos SNPs sejam re-estimados a partir de uma população de treinamento atualizada, o que é fundamental para a manutenção da eficácia do processo.

Um método alternativo aos mencionados foi proposto por pesquisadores ligados à University of Georgia, Estados Unidos da América (EUA). Esse método consiste na construção de uma nova matriz de parentesco, denominada matriz de parentesco genômica, a partir da combinação de dados de pedigree de indivíduos não genotipados e de dados genômicos de indivíduos genotipados. Essa nova matriz é usada nas tradicionais equações de modelos mistos de Henderson usadas na predição das DEPs em substituição à matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright. Como resultado, tem-se a predição direta de valores genéticos genômicos, expressos como DEPs genômicas.

De forma análoga ao que acontece no melhoramento tradicional, na seleção genômica, não há necessidade de se identificar os genes ou mutações específicas, que têm efeito sobre a(s) característica(s) avaliada(s). São necessários, entretanto, muitos SNPs distribuídos por todo o genoma para que um ou mais desses marcadores esteja(m) ligado(s) a cada gene afetando características de interesse e para que a transmissão dos fragmentos do genoma possa ser rastreada dos pais para os filhos.

Uma contribuição importante da seleção genômica é permitir a predição da amostragem mendeliana sem a necessidade de dados fenotípicos tomados no indivíduo ou em seus descendentes. A amostragem mendeliana é responsável, por exemplo, pelas diferenças genéticas entre dois irmãos completos. Por essa limitação, os métodos tradicionais de avaliação não possibilitam segura identificação de jovens candidatos à seleção, restringindo seu uso perante aqueles mais velhos.

IMPUTAÇÃO

O termo imputação refere-se ao processo de predição de genótipos de marcadores do tipo SNP, por exemplo, que não foram diretamente identificados na plataforma de genotipagem. Em outras palavras, essa técnica serve para completar dados genotípicos, baseando-se no princípio de que marcadores genéticos são herdados em blocos entre indivíduos aparentados. Esses blocos herdados, ou trechos de cromossomos idênticos por descendência, também denominados de haplótipos, são evidências da ligação genética que se propaga entre indivíduos a partir de um ancestral comum. Um banco de haplótipos de referência, derivado de centenas de milhares ou até milhões de genótipos obtidos por meio de sequenciadores de DNA ou *chips* de SNPs de alta densidade, pode ser usado em programas computacionais desenvolvidos para imputar os genótipos incompletos de outros indivíduos da mesma população que foram genotipados em painéis com um número reduzido de marcadores.

A imputação de genótipos é uma ferramenta que tem custo-benefício interessante para implementação da seleção genômica em escala comercial, pois um grande número de animais pode ser genotipado em painéis reduzidos a um custo mais acessível e ter sua avaliação aprimorada usando um número muito superior de marcadores. Há grande diversidade de metodologias e softwares disponíveis para imputação. Alguns deles consideram apenas a estrutura das famílias, enquanto outros tomam por base o banco de haplótipos disponível.

TECNOLOGIAS GENÔMICAS NA SELEÇÃO DE GADO DE CORTE

Determinação de parentesco

Um fator crítico para prever DEPs confiáveis é a correta determinação do parentesco entre os indivíduos. Erros de genealogia podem ter significativos impactos negativos sobre a confiabilidade de uma avaliação genética e, conseqüentemente, comprometer os ganhos genéticos esperados. O uso de informação errada de pedigree ou a quebra de laços genéticos conduz à subestimação da herdabilidade e à predição de DEPs incorretas, especialmente para indivíduos com parentesco errado. A tecnologia genômica traz importante contribuição ao ser usada na determinação do parentesco, reduzindo essas inconsistências.

Além disso, a estimativa de parentesco entre os indivíduos pode ser mais precisa. A metodologia de modelos mistos para obtenção do BLUP (do inglês *Best Linear Unbiased Prediction*) utiliza a matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright, que inclui todas as informações de parentes disponíveis. Esse coeficiente pode ser definido como a probabilidade de que, dado um loco escolhido ao acaso, os alelos dos dois indivíduos sejam idênticos por origem. Assumindo-se que os pais não sejam aparentados, o parentesco entre dois irmãos completos (filhos do mesmo pai e da mesma mãe) será de 50%. Entretanto, dois irmãos completos podem ser mais (ou menos) semelhantes, caso eles partilhem mais (ou menos) alelos em comum, recebidos de seus pais. Nesse caso, o parentesco seria superior (ou inferior) aos 50%. O uso da matriz de parentesco genômico faz com que a seleção baseada nos valores genéticos genômicos seja mais precisa que os valores genéticos preditos pela matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright.

Além do direto impacto no aumento da confiabilidade das avaliações genéticas, há outras potenciais contribuições do uso da genômica na determinação do parentesco. Uma delas é permitir a adoção de lotes com touros múltiplos, pois a paternidade pode ser determinada após o nascimento dos bezerros, sem comprometer a qualidade da avaliação genética. Outro aspecto benéfico é a possibilidade de se resolver impasses de paternidade em relação ao touro de inseminação artificial ou de repasse, quando as datas de nascimento das progênes são inconclusivas.

Seleção para características qualitativas

Características são denominadas qualitativas quando controladas por um ou poucos pares de genes. Elas podem ser classificadas em categorias distintas e sofrem nenhuma ou pequena influência do meio ambiente. Marcadores moleculares para várias características dessa natureza como cor do pelo, caráter aspado/mocho e uma vasta variedade de defeitos genéticos já foram identificados, e alguns estão comercialmente disponíveis, especialmente nos EUA. Essa tecnologia pode ser usada para identificar animais portadores desses alelos indesejáveis, facilitando o descarte (se desejado) ou direcionando para um melhor acasalamento.

Pode ser conveniente, e até mesmo lucrativo, produzir lotes padronizados com todos os animais mochos e de cor uniforme, mas o grande impacto dos testes genômicos para a cadeia produtiva é a possibilidade de identificar e eliminar alelos deletérios (nanismo e doenças genéticas, entre outros) ou letais recessivos da população. Isto pode representar

grande economia para a pecuária bovina de corte. Historicamente, quando alelos letais recessivos eram identificados, o método usado para eliminá-los da população era uma agressiva campanha de descarte, normalmente resultando na completa eliminação de linhagens. No entanto, com o uso dos testes genômicos, será possível identificar os indivíduos portadores dentro das linhagens e eliminá-los, sem a necessidade de descartar toda uma linhagem que tenha bons atributos. Nos EUA, a Associação Americana de Angus (AAA) já tem usado dessas ferramentas no combate, por exemplo, da Artrogripose Múltipla Congênita e da Hidrocefalia, ambas sendo anomalias que levam à morte o indivíduo.

Seleção para características quantitativas

Características quantitativas são aquelas controladas por muitos pares de genes e que sofrem grande influência do meio ambiente. Diversas ferramentas genômicas têm sido desenvolvidas para uso na seleção dessas características em gado de corte. Como consequência, valores genéticos preditos com base em informações genômicas estão disponíveis no mercado; e estas podem ser usadas no processo seletivo. No entanto, não há evidências para sugerir que essas ferramentas sejam, isoladamente, superiores às tradicionais, como as DEPs. O mais provável é que os melhores resultados serão obtidos, ao se combinarem as informações fenotípicas e genômicas em uma avaliação genética, gerando DEPs genômicas aprimoradas (do inglês *genomically enhanced EPDs*). Há diferentes caminhos para combinar informações fenotípicas e genômicas em uma ferramenta de seleção única.

Uma estratégia é computar, independentemente, as DEPs tradicionais e os valores genéticos genômicos e, então, combinar ambos em um índice de seleção em que cada parte terá peso proporcional ao percentual de variância genética explicada. Desde 2009, as avaliações genéticas de gado de leite nos EUA e Canadá utilizam desta estratégia, com a obtenção de bons resultados. Nos EUA, a média da confiabilidade dos valores genéticos genômicos de diversas características de bovinos da raça Holandesa foi de 50% comparada ao valor de 27% obtido por meio da média dos pais. Essa estratégia é denominada seleção genômica em múltiplos passos (do inglês *multi-step genomic selection*).

Outra abordagem é usar as informações dos marcadores para ajustar uma matriz de parentesco genômica, em que o parentesco é definido pelos alelos SNP compartilhados, melhorando as estimativas de parentesco obtidas usando somente genealogia. Essa nova matriz de parentesco genômica substitui a matriz de parentesco tradicional, nas equações de modelos mistos, usadas na predição das DEPs. Esperam-se avaliações genéticas mais acuradas e, conseqüentemente, maiores ganhos genéticos ao se utilizar DEPs genômicas na seleção. Essa abordagem é denominada seleção genômica em único passo (do inglês *single-step genomic selection*).

Um método alternativo consiste em incluir os valores genéticos genômicos disponíveis no modelo de avaliação como uma característica correlacionada. À medida que a correlação genética entre a característica indicadora, neste caso o valor genético genômico, e a característica de interesse aumenta, também cresce a acurácia da DEP, especialmente para animais jovens (acurácias menores). Esse método já está sendo utilizado em avaliações genéticas de gado de corte, podendo-se destacar a avaliação da Associação Americana de Angus.

DESAFIOS PARA ADOÇÃO DA INFORMAÇÃO GENÔMICA

Um primário e recorrente desafio relativo à adoção da tecnologia genômica é torná-la familiar e conhecida do público em geral. É natural que haja resistência em se adotar algo que se desconhece, especialmente, quando implica fazer investimentos. Ademais, sem a correta compreensão de como a genômica pode contribuir para a melhoria dos processos de seleção em gado de corte, os selecionadores ficam sujeitos a utilizá-la de modo equivocado, o que pode causar prejuízos. Ciente disso, um grupo multi-institucional americano iniciou, no ano de 2009, um projeto intitulado “*Weight Trait Project*”, envolvendo várias raças bovinas. Além de educar a indústria da carne bovina americana sobre o uso das ferramentas genômicas, o projeto servirá para formar uma população de referência para o desenvolvimento e a avaliação de tecnologias a serem implantadas em suas avaliações genéticas. Iniciativas similares estão sendo desenvolvidas no Brasil.

Outro fator limitante é o custo da tecnologia. Apesar da drástica redução observada nos últimos anos, os valores pagos para genotipagem ainda são altos, tornando inviável a sua adoção em larga escala. Uma alternativa para reduzir os custos seria desenvolver ferramentas genômicas que pudessem ser usadas para diversos fins, ou seja, não restritas apenas à seleção. Alguns exemplos de aplicação seriam: teste de paternidade, rastreabilidade, diferenciação de produto, identificação de portadores de alelos indesejáveis etc. Isso diluiria os investimentos em toda a cadeia, não sobrecarregando o selecionador.

Ao se falar em custos da adoção de tecnologia genômica, normalmente se pensa a partir da coleta do material biológico para extração de DNA, genotipagem e assim por diante. No entanto, um aspecto que não pode ser negligenciado e que, talvez, seja o desafio mais complicado a ser superado, é o custo e a dificuldade para obtenção de fenótipos em quantidade e de qualidade suficientes, quando as características são de difícil mensuração ou possuem custo elevado como, por exemplo, a eficiência alimentar, a maciez de carne e a taxa de prenhez. Por mais que se tenham avanços nas metodologias de genotipagem, tornando-as menos onerosas, a genômica pouco contribuirá para o melhoramento genético de gado de corte, caso os fenótipos não sejam continuamente coletados.

A incorporação de informações genômicas nas avaliações genéticas implica significativo aumento da demanda por recursos computacionais de alta capacidade de processamento e armazenamento de dados, resultando em maiores investimentos. Isso se torna mais proeminente, ao se considerar avaliações genéticas nacionais com grande número de animais envolvidos como na raça Nelore.

Outro fator desafiador é a disponibilidade de recursos humanos com formação compatível com as demandas da genômica. Atualmente, mesmo sendo ainda reduzida sua adoção em programas de melhoramento, já existe carência de profissionais que consigam transitar bem pela informática, genômica e melhoramento.

PERSPECTIVAS PARA A TECNOLOGIA GENÔMICA

Sanidade

As indústrias de diversas espécies domésticas têm incorporado a seleção para resistência às doenças em seus programas de melhoramento. Como exemplos, tem-se a se-

leção para resistência à mastite em gado de leite e para resistência à doença de Marek e leucose linfóide em aves. O desenvolvimento das ferramentas genômicas modernas representa uma grande oportunidade para se incrementar o perfil sanitário de bovinos de corte no futuro. Ter animais naturalmente mais resistentes representa menor utilização de medicamentos, o que pode significar redução de custos de produção, menor dano ambiental e carne de melhor qualidade.

Em gado de corte, já existem promissoras iniciativas sendo desenvolvidas. Nos EUA, um projeto multi-institucional, liderado pela Texas A & M University, tem o objetivo de desenvolver, com auxílio da genômica, meios para selecionar animais resistentes à Doença Respiratória Bovina, mais conhecida como BRD (do inglês *Bovine Respiratory Disease*), que causa grandes prejuízos naquele país. Já, no Brasil, há um projeto multi-institucional com foco na resistência a carrapatos em bovinos das raças Hereford e Braford, sob a liderança da Embrapa Pecuária Sul.

Produção

Selecionadores de gado de corte já possuem uma excelente ferramenta de seleção, as DEPs, para ajudá-los no processo seletivo de várias características de produção. No entanto, a incorporação de informações genômicas nas avaliações genéticas pode aumentar as acurácias das DEPs para essas características, contribuindo para maior ganho genético. Especialmente para animais jovens, com nenhuma ou pouca informação própria, espera-se maior ganho relativo à acurácia, o que pode tornar a escolha dos melhores touros jovens e das melhores novilhas significativamente mais precisa. Ainda nessa linha, pode-se ter forte impacto na seleção de doadoras de embriões, pois vacas, normalmente, têm DEPs de baixa acurácia.

Outro aspecto importante é viabilizar a inclusão, como critérios de seleção, de características importantes, mas difíceis ou caras de serem coletadas. Um bom exemplo é a eficiência alimentar que, apesar de ter grande impacto na lucratividade de um sistema de produção de gado de corte, ainda não está presente nos programas de melhoramento pelo alto custo envolvido na coleta do fenótipo.

Reprodução

Diversos estudos de análise econômica têm indicado que a reprodução exerce grande impacto sobre a lucratividade da pecuária bovina de corte. Contudo, a seleção efetiva para características reprodutivas é complicada, pois, normalmente, estas apresentam baixa herdabilidade e são expressas tardiamente na vida do animal; são limitadas a apenas um dos sexos e existem poucos conjuntos de dados completos e confiáveis referentes ao desempenho reprodutivo dos rebanhos. Assim, por exemplo, a seleção de novilhas para reposição é comprometida pela falta de uma avaliação genética mais robusta que forneça DEPs de alta acurácia para essas características.

A incorporação da tecnologia genômica nas avaliações genéticas pode ser uma interessante abordagem para sanar esse problema, pois, relativamente, os maiores impactos na acurácia são esperados ao se trabalhar com características de baixa herdabilidade com nenhum ou pequeno banco de dados fenotípico. No entanto, pesquisas sugerem que

o desenvolvimento de uma ferramenta genômica será desafiador, pois, devido à baixa herdabilidade, será necessária uma grande população de treinamento para se atingir resultados precisos. Isso significa maior demanda de recursos financeiros e de tempo, mas os benefícios poderão ser compensadores.

Qualidade nutricional da carne

Nas últimas décadas, o consumidor de carne bovina tem se tornado mais exigente e crítico quanto à qualidade nutricional da carne, estando atento aos seus efeitos sobre sua saúde. Pode-se argumentar que muitos questionamentos levantados são infundados, e que diversas pesquisas indicam a carne bovina como parte de uma dieta saudável. No entanto, há alguns pontos que podem ser melhorados.

Estudos conduzidos pelo Consórcio Nacional de Avaliação de Gado de Corte (NBCEC) dos EUA concluíram que a palatabilidade da carne bovina não sofre efeito adverso ao se alterar sua composição mineral e de ácidos graxos. Ademais, outros estudos têm mostrado que a composição de ácidos graxos é influenciada por fatores genéticos. Logo, a seleção de animais produtores de carne mais saudável pode ser realizada, especialmente com o auxílio da genômica, uma vez que são características difíceis de serem trabalhadas convencionalmente.

Diversidade genética e endogamia

Atualmente, os métodos utilizados para se avaliar a diversidade genética de uma população (ou raça) e se estimar a endogamia (popularmente conhecida como consanguinidade) de um indivíduo baseiam-se nos dados de genealogia. Caso existam erros de anotação, ausência ou perda de dados, situações comuns em gado de corte, os resultados encontrados podem ser comprometidos e não corresponderem à realidade. Além disso, com registros genealógicos, tem-se somente uma expectativa média da semelhança genética entre indivíduos, a qual tem se mostrado muito útil, mas que pode ser estimada de modo mais preciso.

O uso de informações genômicas pode contribuir para uma estimativa mais correta da semelhança genética entre indivíduos com informações genealógicas e, para aqueles sem informações, incluí-los no processo do qual são excluídos. Alguns estudos, que incluíram informações genômicas na estimação da consanguinidade, apresentaram significativas diferenças nas estimativas feitas com ou sem o uso da genômica.

O conhecimento mais assertivo do relacionamento genético dos animais tem impacto prático imediato no direcionamento de acasalamentos, a fim de controlar a consanguinidade. Outra aplicação prática é avaliar a verdadeira distância genética entre indivíduos do rebanho brasileiro e aqueles trazidos de outros países, como a Índia. Isso permite avaliar qual a real contribuição dessas importações para o aumento da variabilidade genética dos rebanhos nacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ferramentas genômicas pode acarretar em incremento de eficiência e maiores lucros, como consequência do aumento nas acurácias e da redução nos intervalos de

geração. Além disso, ainda existem grandes perspectivas para lançamento de inovações tecnológicas para geração de dados moleculares a curto e médio prazos, com tendência à redução de custo e aumento dos limites que as tecnologias podem prover. Essa conjuntura torna cada vez mais importante a coleta de dados fenotípicos relacionados com as características que impactam a lucratividade e a qualidade dos produtos gerados.

A adoção eficaz da tecnologia genômica, em plano populacional, requer a existência de bancos de dados bem estruturados, compostos por informações fenotípicas e genotípicas coletadas em grande número de indivíduos, tornando elevados os investimentos financeiros demandados. Isso cria oportunidades para que os diferentes programas de avaliação e melhoramento se beneficiem mutuamente por meio da troca e do compartilhamento de informações, aos moldes do que fora feito em colaborações nacionais e internacionais para a realização de avaliações genéticas tradicionais.

A genômica deverá viabilizar a inclusão de características de difícil ou de alto custo de mensuração nos programas de melhoramento, pois contribuirá para a otimização dos processos de avaliação genética, tornando possível predizer DEPs suficientemente confiáveis com considerável menor volume de dados. No entanto, isso aumentará ainda mais o número de características com DEPs disponíveis nos relatórios de avaliações genéticas – os sumários – tornando mais complicada a tomada de decisão pelo selecionador. Como solução, será necessário desenvolver e, principalmente, adotar índices de seleção para ponderar, apropriadamente, as características que influenciam a lucratividade e sustentabilidade dos sistemas de produção de gado de corte. Índices de seleção oferecem uma avaliação econômica das diferenças genéticas entre indivíduos e, de forma objetiva, fornecem uma estimativa das prováveis diferenças na lucratividade de progênie de diferentes animais.

Há sempre risco, em maior ou menor grau, relacionado à adoção de qualquer ferramenta de auxílio à seleção. Os avanços da tecnologia genômica podem contribuir para a redução desse risco. No entanto, é necessária responsabilidade, ao se usar uma ferramenta com erro menor, pois, em caso de abuso ou uso inadequado, os problemas poderão ser maiores e podem surgir mais rapidamente. Novamente, a definição de sólidos objetivos de seleção, com foco na lucratividade, é fundamental.

FONTES DE REFERÊNCIA

- AGUILAR, I., et al. A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p.743-752, 2010.
- BULLOCK, D. et al. White Paper – Delivering genomics technology to the beef industry. <http://www.nbceec.org/topics/WhitePaperGenomicsTechnology.pdf>. 12p. Acesso em 8/2/2013.
- BUSH, W.S.; MOORE, J.H. Chapter 11: Genome-Wide Association Studies. **PLoS Computational Biology**, v.8, n.12, 11p., 2012.
- CAETANO, A.R. Marcadores SNP: conceitos básicos, aplicações no manejo e no melhoramento animal e perspectiva para o futuro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.64-71, 2009.
- ELSIK, C.G. et al. The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution. **Science**, v.324, n.5926, p.522-528, 2009.
- GARRICK, J.D. The nature, scope and impact of genomics prediction in beef cattle in the United States. **Genetics Selection Evolution**, v.43, p.1-17, 2011.
- MACNEIL, M.D. et al. Genetic evaluation of Angus cattle for carcass marbling using ultrasound and genomic indicators. **Journal of Animal Science**, v.88, p.517-522, 2010.

- MEUWISSEN, T.H.E. et al. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, v.157, p.1819-1829, 2001.
- POLLAK, E.J. et al. Genomics and the global beef cattle industry. **Animal Production Science**, v.52, p.92-99, 2012.
- REGITANO, L.C.A. et al. Bifequali – Projeto em rede para melhoria da qualidade da carne bovina no Brasil. <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/bifequali>. Acesso em 20/02/2013.
- SIQUEIRA, F. et al. Genética molecular aplicada à qualidade da carne bovina. **Documentos / Embrapa Gado de Corte**, 40p., 2007.



MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE NO CONTEXTO AMBIENTAL GLOBAL

Davi José Bungenstab
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Cristian Rodolfo Feldkamp

INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm ocupado lugar de destaque nos debates sobre o desenvolvimento mundial, com importância equivalente aos aspectos econômicos e sociais. A conservação dos recursos naturais, baseada em efetivo monitoramento e controle, já é uma exigência da sociedade para as atividades produtivas. Dentre estas, o setor industrial foi o primeiro a ser questionado, já há algumas décadas, resultando em mudanças substanciais em seus processos, embora não tenha ainda atingido a condição ideal desejada, especialmente, em países em desenvolvimento.

Nos últimos anos, grande enfoque tem sido dado ao setor agropecuário, especialmente para as atividades produtoras de “*comodities*”, que muitas vezes geram efeitos ambientais negativos, tais como uso ineficiente de grandes extensões de terra e utilização de grandes quantidades de insumos industrializados. Dentre as atividades agropecuárias inseridas neste contexto, destaca-se a produção de carne bovina, especialmente nos países latino-americanos.

No Brasil, a pecuária bovina de corte ocupa grandes áreas de terra que operam abaixo de seu potencial produtivo, ou seja, desperdiça-se um recurso natural valioso. Grande

parte desta subutilização é fruto de manejo deficiente do solo e das forrageiras utilizadas como pastagem. Porém, parcela significativa se deve ao componente animal, ou seja, escolha inadequada dos recursos genéticos - raças - para os fins produtivos desejados. Além disso, apesar da evolução genética dos rebanhos bovinos brasileiros, o melhoramento genético com foco no aumento da eficiência produtiva e ambiental é ainda incipiente, sendo prementes mais esforços de pesquisa alinhados a essa demanda da sociedade mundial contemporânea: produção de alimentos saudáveis com sustentabilidade.

Desta maneira, este capítulo discutirá alguns conceitos e indicadores relacionados com eficiência produtiva e ambiental, bem como a importância de sua inclusão no âmbito do melhoramento genético. Adicionalmente, serão apresentados possíveis benefícios da adoção de formas integradas de se medir essa eficiência produtiva e ambiental dos animais e do sistema de produção.

EFICIÊNCIA PRODUTIVA E AMBIENTAL

Eficiência produtiva

Conceitualmente, um sistema de produção eficiente é um sistema capaz de extrair o máximo de benefícios de alguma fonte com o menor dispêndio possível de recursos necessários para sua extração. Para o setor agropecuário, tradicionalmente, os estabelecimentos considerados mais eficientes são os que produzem maiores quantidades de um produto em questão (alimentos, fibras, bioenergia etc), utilizando o mínimo possível de recursos, principalmente terra e insumos, que são os principais itens de custo financeiro desses sistemas.

No agronegócio mundial e mais acentuadamente nos sistemas de pecuária de corte brasileiros, existe uma grande variação na eficiência dos estabelecimentos dedicados à atividade. Essa variação é devida principalmente aos seguintes fatores:

- Condições regionais específicas, tais como solos, relevo, clima, desenvolvimento econômico, tradição da região etc;
- Vínculo do produtor com a atividade, pois algumas vezes a pecuária é apenas uma atividade paralela, que o produtor utiliza como destino para investimento de recursos excedentes de outra atividade, retirando-os quando necessário, sem um planejamento direcionado para a eficiência produtiva da pecuária;
- Grau de profissionalismo na condução da atividade, que é variável de acordo com valores, percepções, grau de instrução e convicções pessoais do produtor ou grupo familiar;
- Falta de segurança quanto ao retorno financeiro de investimentos voltados para a melhoria da eficiência do sistema, como seguros agrícolas e garantias de preços mínimos suficientes;
- Dificuldade de acesso ou desinformação do produtor com relação a tecnologias e processo disponíveis.

A eficiência produtiva varia entre estabelecimentos rurais e algumas vezes dentro do próprio estabelecimento, tanto devido a diferenças espaciais, como fertilidade do solo, quanto temporais, como a precipitação pluviométrica variável de um ano para outro.

Consequentemente, as médias de produção regionais são também variáveis. Nota-se, todavia, que em regiões mais favorecidas em termos de fertilidade do solo e distribuição de chuvas, existe uma tendência de maior eficiência da pecuária de corte, tendo como uma das razões o acesso a grãos e ao uso de subprodutos agrícolas, bem como a própria competição com atividades agrícolas mais intensivas.

Essa maior eficiência é alcançada pelo cultivo de forrageiras mais produtivas e com melhor valor nutricional, uso de suplementação alimentar com grãos, melhor manejo sanitário e reprodutivo do rebanho e uso de animais geneticamente superiores. É importante salientar que a aplicação de mais insumos, envolvendo maiores custos e esforços do produtor, produz os resultados desejados apenas se o potencial genético dos animais for condizente com as melhores condições ofertadas.

Eficiência ambiental

A eficiência ambiental de sistemas agropecuários está diretamente relacionada com a eficiência produtiva dos mesmos, podendo-se considerar mais eficientes aqueles que são capazes de extrair o máximo de benefícios de um sistema, causando o menor impacto ambiental possível, inclusive quanto à geração de dejetos e resíduos, que demandam outros recursos ambientais para sua decomposição ou incorporação saudável ao meio.

No caso da pecuária de corte, o uso de animais mais eficientes tem papel fundamental na eficiência ambiental do sistema devido a três aspectos principais:

- Fazem melhor uso dos recursos disponíveis, como por exemplo, produzem mais carne por área de terra ocupada pela atividade;
- Geram menos resíduos por unidade de carne produzida;
- Fazem uso mais eficiente de insumos externos, em sua maioria baseados em combustíveis fósseis, que além de provirem de fontes escassas, causam impactos ambientais negativos, como a emissão de gases de efeito estufa (GEE) em seu processo de manufatura.

A carne bovina é uma fonte nobre de proteína com expectativa de aumento em sua demanda mundial, devido à melhoria do poder aquisitivo e crescimento da população. Portanto, é muito importante o monitoramento da eficiência ambiental dos sistemas de produção dessa cadeia, inclusive porque além de exigências legais crescentes, pode-se antever a eventual remuneração do valor agregado ao produto pela redução do impacto ambiental causado na produção do mesmo. Formas de se avaliar e consequentemente de se monitorar alguns aspectos da eficiência ambiental global serão discutidas na próxima seção.

AVALIAÇÕES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA E AMBIENTAL

Critérios e indicadores

Avaliações são fundamentais para melhorar a tomada de decisão na gestão de qualquer sistema. Por sua vez, para que um sistema possa ser avaliado, são necessários parâmetros ou critérios que sejam mensuráveis. Portanto, no caso de sistemas agropecuários,

para que diferentes aspectos ou componentes do sistema possam ser comparados, é necessário que sejam utilizados indicadores que permitam comparações pelo uso de uma escala definida.

Os indicadores atualmente utilizados no melhoramento genético de bovinos são baseados nas características dos animais e do produto carne, pois as exigências de mercado são ainda quase que totalmente focadas em aspectos intrínsecos do produto e não de seu sistema produtivo. Todavia, essa realidade tende a mudar e a comunidade científica já vem trabalhando nesse sentido, para que critérios baseados em eficiência ambiental possam ser incorporados aos programas de seleção e melhoramento de bovinos de corte. Para tal, é necessário que sejam definidos indicadores específicos que apontem animais ou grupos de animais que tenham maiores chances de satisfazer as demandas impostas pela sociedade.

Aspectos ambientais globais importantes para a seleção e melhoramento de bovinos de corte

Existem diversos indicadores ambientais, tanto restritos às unidades de produção quanto globais, que estão diretamente ligados à eficiência produtiva e podem (ou poderão) ser utilizados em programas de seleção e melhoramento genético de bovinos de corte. A adoção dos mesmos, bem como seu respectivo peso entre os critérios de seleção, dependerá das características do sistema, que são ditadas por condições regionais, pelos objetivos do produtor e pela demanda de mercado.

Os principais aspectos ambientais relacionados com impactos globais da pecuária de corte estão relacionados com o uso da terra e com emissões de gases de efeito estufa (GEE). Indicadores relacionados com esses impactos ambientais têm potencial para aplicação relativamente imediata nas avaliações para melhoramento genético de bovinos de corte, especialmente porque entre os impactos ambientais da atividade, esses estão entre os que têm um padrão de mensuração mundial mais uniforme, mesmo com sistemas de produção bastante diferentes nas várias regiões do globo, melhorando a qualidade das comparações.

Eficiência no uso da terra

Terra fértil, agricultável, é um recurso limitado que já pode ser considerado mundialmente escasso quando consideramos a necessidade de preservação de áreas nativas, tanto originais quanto recuperadas. Por isso, a redução das áreas utilizadas, via eficiência de conversão de forragens e grãos em carne, é um critério especialmente importante no melhoramento genético animal.

Os sistemas mais intensivos, que utilizam grãos ou pastagens fertilizadas, ocupam menos área de terras por unidade de carne produzida, mas necessitam de maiores investimentos e têm alto custo de oportunidade. Esses sistemas utilizam quantidades substanciais de energia, baseada em combustíveis fósseis, para disponibilização de infraestrutura, logística e alimentos de alta qualidade nutricional para os animais e, por isso, resultam em maior volume de emissões de GEE relacionadas com os insumos. Além disso, sistemas mais intensivos usualmente têm maior impacto local, especialmente pela

densidade de animais, gerando, por exemplo, maiores quantidades de dejetos, que têm de ser absorvidos pelo ambiente. Esses sistemas têm também maiores riscos de afetar a biodiversidade local, especialmente devido a mudanças mais drásticas no uso da terra.

Já os estabelecimentos mais extensivos, que utilizam áreas marginais, por não terem melhores alternativas para uso de forragem de menor valor nutricional, apresentam vantagens especialmente relacionadas com baixo investimento e baixo impacto ambiental local. Porém, além da disponibilidade de áreas com tal aptidão ser limitada, os sistemas com baixa intensificação têm a produtividade por área bastante reduzida, não sendo suficiente para atender a demanda mundial. Além disso, o fato dos sistemas extensivos demandarem mais tempo para terminação dos animais gera um consequente aumento das emissões de GEE pelos animais por unidade do produto obtido.

Emissões de GEE

É sabida a importância das emissões de GEE no contexto das mudanças climáticas. As emissões de GEE pela pecuária de corte são devidas em sua maior parte à fermentação entérica, que faz parte do processo digestivo dos ruminantes e à decomposição de dejetos, produzindo principalmente metano e óxido nitroso, que são gases relacionados com o aquecimento global. Ainda por muito tempo a produção de carne bovina vai causar a emissão de quantidades substanciais desses gases, com variações nos volumes dependendo da intensidade do sistema produtivo adotado. Sistemas mais intensivos, além de ocuparem menos terra, tendem a produzir também menos metano por animal, devido à maior digestibilidade dos alimentos fornecidos e ao menor tempo de permanência dos mesmos no sistema.

Todavia, os sistemas mais intensivos são responsáveis pela produção de maiores volumes de dióxido de carbono (CO₂), gerados no processo de manufatura dos insumos industrializados necessários para o aumento de produtividade. Essas emissões podem ser estimadas com base em sua energia incorporada e nas taxas de emissão de CO₂ das fontes de energia utilizadas em sua manufatura, conforme a matriz energética do setor industrial em questão. As emissões relacionadas com a decomposição de insumos, como fertilizantes, também são contabilizadas. A soma de todas essas emissões do sistema, convertidas em equivalentes-carbono, é considerada a pegada de carbono da pecuária.

Uso da terra e emissões de GEE como indicadores de eficiência ambiental global da pecuária de corte

Embora as emissões diárias de metano pelos bovinos em sistemas extensivos e intensivos sejam diferentes, essa diferença por animal ainda é relativamente pequena em relação ao volume total produzido pelo rebanho nos dois sistemas. Já a diferença nos volumes de emissões de outros gases relacionados com insumos externos, especialmente CO₂, é substancial entre sistemas intensivos e extensivos. Portanto, quando se considera emissões de GEE e quantidade de área ocupada como indicadores de eficiência ambiental, os dois reagem de forma diferente conforme a intensidade do sistema de produção.

É sabido que, especialmente na América Latina, cada vez mais os sistemas de produção de bovinos de corte combinam a cria extensiva com a terminação intensiva, adotan-

do diferentes graus de intensificação conforme as condições locais. Por isso é importante que ambos os critérios sejam considerados de forma integrada na avaliação da eficiência ambiental de tais sistemas produtivos.

Para permitir a utilização dos indicadores “emissões de GEE” e “uso da terra”, no sentido de área ocupada, combinados na avaliação de qualquer sistema de produção de carne bovina, Bungenstab (2005) propôs uma metodologia derivada do conceito de “*ecological footprint*” traduzido como “pegada ecológica” ou “rastro ecológico”. O autor desenvolveu uma abordagem exclusiva para sistemas de pecuária de corte, que permite comparar por meio de um indicador único, a relação área/emissões entre sistemas com diferentes níveis de intensificação.

Nessa metodologia, as emissões diretas e indiretas do sistema são convertidas em equivalentes-carbono, que por sua vez são convertidos em área, denominada “*shadow area*” pelo referido método. A “*shadow area*” refere-se a uma área virtual, como, por exemplo, de floresta plantada, que seria necessária para sequestrar o carbono equivalente ao total de emissões do sistema. Dessa forma é possível combinar os dois indicadores para avaliação de sistemas de produção com diferentes níveis de intensificação em qualquer fase do processo produtivo.

Portanto, o indicador único proposto, que é a área total necessária para obtenção de uma unidade de carne, chamado de pegada ecológica da pecuária, é composto por três categorias de área:

1. Área física utilizada para pastejo e manutenção dos animais;
2. Área física eventualmente utilizada para produção de grãos e outros alimentos para os animais;
3. Área virtual de floresta que seria necessária unicamente para sequestrar o equivalente em carbono das emissões geradas pelos seguintes fatores:
 - Emissões diretas dos animais e seus dejetos;
 - Manufatura de todos os insumos utilizados na produção;
 - Decomposição de resíduos de fertilizantes;
 - Emissões diretas dos combustíveis e outras fontes de energia utilizadas no sistema.

O potencial de uso da pegada ecológica da pecuária como índice de eficiência ambiental global no melhoramento genético de bovinos de corte

O índice final derivado da pegada ecológica é a quantidade total de área necessária para produção de uma unidade de carne pelo sistema. No caso de sua aplicação em um programa de melhoramento genético de bovinos, o índice seria, por exemplo, hectares de terra utilizados por quilograma de ganho de peso em determinado período. Naturalmente, o cálculo desse índice é bastante complexo, pois demanda o monitoramento detalhado de cada sistema produtivo, inventariando todos os fatores de produção e volumes de recursos utilizados. O método exige também atenção para detalhes, como a contabilização harmonizada dos fatores de produção e a definição de períodos de amortização de infraestrutura, que podem influenciar o índice final. Nesse método, a área total necessária para cada animal é calculada para o sistema ou rebanho como um todo, sendo, portanto, proporcionalmente menor por unidade de carne produzida por

animais com maiores ganhos médios diários de peso. Esse aspecto reflete indiretamente características desejáveis dos animais, como alta eficiência alimentar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas atuais de seleção e melhoramento genético de bovinos de corte, indiretamente, já vêm promovendo o incremento da eficiência ambiental dos sistemas de produção pela adoção de critérios de seleção que concorrem para a otimização do uso de recursos naturais e manufaturados. Todavia, é importante que os aspectos ambientais componham os objetivos de seleção, sendo formalizados critérios de seleção como o rastro ou pegada ecológica da pecuária.

Assim, a inclusão de critérios ambientais específicos continuará demandando esforços de equipes multidisciplinares, inclusive no estabelecimento de fatores de correção que permitam a comparação segura do desempenho de animais ou grupos de animais, assegurando que as diferenças sejam devidas ao mérito genético dos mesmos, mantendo sempre em mente que o uso de indicadores ambientais irá fortalecer a cadeia produtiva para as evidentes demandas da sociedade por produtos de menor impacto ambiental.

FONTES DE REFERÊNCIA

BUNGENSTAB, D.J. *Environmental impacts of beef production in Central Brazil: the effect of intensification on area appropriation*. Munchen: Verlag Dr. Hut, 2005. 199 p. Thesis (doctoral) - Humboldt-Universität. (Agrarwissenschaften).



PROGRAMA EMBRAPA DE MELHORAMENTO DE GADO DE CORTE – GENEPLUS

**Paulo Roberto Costa Nobre
Luiz Otávio Campos da Silva
Antonio do Nascimento Rosa
Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes**

INTRODUÇÃO

A prática do melhoramento genético requer uma atuação direta nos rebanhos de seleção. Este fato, identificado e levado em consideração pelos pesquisadores da área de melhoramento animal da Embrapa Gado de Corte, desde a sua fundação em abril de 1977, foi decisivo para a busca de parcerias privadas até o desenvolvimento e a disponibilização do Programa Geneplus-Embrapa, em 1996.

Desde então, o Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte – Geneplus vem sendo utilizado por um crescente número de produtores ou de associações de criadores em busca da promoção da melhoria genética de seus próprios rebanhos, considerados individualmente, ou de suas raças, como um todo. Atualmente, o Programa atende rebanhos de raças taurinas, zebuínas e compostas de várias Unidades da Federação, da Bolívia e do Paraguai.

O sucesso deste trabalho, identificação e escolha dos pais da futura progênie, é um procedimento que consiste, em uma primeira fase, da recomendação feita pelos profissionais que prestam assessoria aos produtores e, em um segundo momento, do poder de decisão e da responsabilidade do produtor em manter ou descartar o indivíduo. O objetivo principal é aumentar a frequência dos alelos desejáveis nos indivíduos que serão pais nas próximas gerações quer se considere o rebanho, isoladamente, ou a raça.

Para os criadores de plantéis de seleção, produtores de reprodutores e matrizes, o Programa Geneplus fornece informações de valor genético de todos os indivíduos do rebanho de forma a subsidiar não apenas o trabalho de seleção como também as operações de comercialização dos produtos a serem oferecidos aos seus clientes. Os selecionadores devem comercializar produtos que, transmitindo a metade do seu genoma a descendência, possibilitem ao produtor comercial um ganho adicional nas características sob seleção: pesos e taxas de crescimento, habilidade materna ou precocidade reprodutiva, dentre outras. Afinal, os produtores comerciais vendem quilogramas de carne, não o valor genético, simplesmente. No entanto, eles necessitam adquirir reprodutores que possuam estimativa de valor genético coerente com o planejamento de sua exploração, além de possibilitar combinações adequadas de acasalamentos para melhorias em todas as características, especialmente naquelas do complexo reprodutivo (NOBRE, 1989).

É notório o déficit de reprodutores geneticamente superiores para atender a demanda dos rebanhos comerciais de gado de corte no Brasil (PEREIRA, 2004; ROSA et. al., 2013). Observa-se, por outro lado, em especial nos últimos anos, um interesse crescente dos criadores de plantéis de seleção por programas de melhoramento genético. A consequência positiva deste fato é o progresso que vem sendo alcançado em tais populações, proporcionado pelo uso das informações relativas aos indivíduos candidatos à seleção.

Estas informações vêm ganhando cada vez mais precisão, em função dos avanços ocorridos na área de informática e nas metodologias e aplicativos destinados às avaliações genéticas. A difusão deste material genético superior para os rebanhos comerciais, acelerada pelo acesso cada vez mais democrático às biotécnicas reprodutivas (inseminação artificial convencional e em tempo fixo, fecundação *in vitro* e transferência de embriões) pode proporcionar ganhos reais ainda mais expressivos na pecuária de corte.

TECNOLOGIA GENEPLUS: DEFINIÇÃO, IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO

Conceitualmente, a tecnologia Geneplus é um programa de melhoramento genético cuja estrutura de funcionamento envolve a Embrapa Gado de Corte, a Geneplus Consultoria Agropecuária Ltda. e o Produtor.

De acordo com o conceito concebido pela Embrapa, esta tecnologia se caracteriza como um serviço cujo objetivo é o atendimento personalizado ao criador, ou seja, uma assessoria direta ao produtor de gado de corte na utilização dos recursos genéticos disponíveis no seu rebanho, considerando as características do seu sistema de produção e seus objetivos de seleção. Para que o programa seja operacionalizado, faz-se necessária a formalização de um contrato de prestação de serviço entre as partes.

A implantação do Programa Geneplus pressupõe a definição dos objetivos e critérios de seleção a serem adotados, o conhecimento da infraestrutura disponível para a sua condução, a coleta de dados e, por fim, a utilização das informações geradas no processo de seleção e/ou no estabelecimento dos planos de acasalamentos.

Objetivos e critérios

Com o conhecimento dos recursos genéticos disponíveis no rebanho, ou seja, os animais de determinada raça, raças ou programas de cruzamentos adotados pelo produtor e

para atendimento dos objetivos de seleção propostos, compõe-se um plano de trabalho. Neste plano tem-se a definição das características a serem monitoradas, a participação de cada uma delas no processo final de decisão e o momento em que tais características deverão ser mensuradas ao longo do processo de criação dos animais.

Estrutura do programa

Na implantação de um programa de melhoramento genético, é necessário um completo envolvimento do produtor, o qual deve ter habilidade para obter o comprometimento de todos os participantes, quer seja de natureza técnica ou operacional, na condução do projeto.

O programa de melhoramento genético estabelecido em nível de rebanho, individualmente, é de fundamental importância em uma visão mais abrangente, ou seja, entre vários rebanhos que compõem uma raça. Para que tais programas sejam funcionais e eficientes, é necessário que sejam devidamente estruturados do ponto de vista de avaliação genética. Este fato implica na necessidade de se ter escrituração zootécnica e coleta de dados devidamente planejadas.

As mensurações preconizadas podem ser tanto quantitativas, por exemplo, pesos em determinadas idades, ou qualitativas, que resultam de escores atribuídos individualmente aos animais conforme se apresentam, por exemplo, a conformação frigorífica das proleções ou a condição corporal das matrizes ao parto.

É interessante observar que quanto maiores forem o volume e a qualidade dos dados, maior será a probabilidade e a precisão da identificação de indivíduos geneticamente superiores, candidatos a pais das futuras gerações.

Coleta dos dados

Em geral, uma das maiores dificuldades na condução de um programa de melhoramento genético se refere à coleta de dados. Em primeiro lugar porque existem as mais variadas formas de resultados a serem obtidos. Este fato nos leva a concluir pela necessidade de definição do objetivo da medida e do estabelecimento de uma estratégia adequada para sua aferição. O programa será mais eficientemente conduzido com base nas características das próprias respostas a que se propõe e, portanto, torna-se imprescindível a sua caracterização. Além disso, em função da capacidade de variação, as respostas são genericamente denominadas de variáveis (SAMPAIO, 2007).

Outro aspecto que deve ser considerado, é que os programas de melhoramento pressupõem medições nos animais e, em geral, dispõem de um grupo de pessoas nas fazendas, na maioria das vezes, sem conhecimento real dos objetivos de tais aferições. Portanto, é necessário que sejam, ainda que de forma simplificada, informados de forma a buscar o seu comprometimento nesta atividade. Assim, a seguir são apresentados conceitos básicos esclarecedores visando subsidiar, em especial os técnicos, na sensibilização do grupo operacional em cada uma das fazendas.

Na área experimental com animais, incluindo o melhoramento genético animal, os tipos de variáveis mais comumente encontradas são aquelas com distribuição normal, que são necessariamente quantitativas e contínuas, podendo se apresentar com qualquer

tipo de instabilidade ou fluxo. Conceitualmente, define-se como sendo quantitativas as variáveis com magnitudes numéricas geralmente expressas em unidades específicas, por exemplo: peso do animal (kg), área de olho de lombo (cm²).

As variáveis ditas contínuas se caracterizam pela possibilidade de variarem continuamente pela medição de frações dependendo do método de mensuração, por exemplo: produção de leite em vacas (litros e frações de litro). São consideradas pouco estáveis as variáveis em que o intervalo de variação é pequeno, quer seja restrito por limites vitais, quer seja por ser uma característica da própria variável. Por exemplo: período de gestação em bovinos (dias). Por outro lado, consideram-se variáveis muito instáveis aquelas que apresentam uma grande variação nos valores observados, originada pela própria natureza da variável ou pela dificuldade de mensuração da resposta. Por exemplo: número de ovos de helmintos por grama de fezes (opg).

Em relação ao fluxo, as variáveis de fluxo continuado são aquelas que permitem a avaliação da resposta sob diferentes condições sequenciais. Por exemplo: produção de espermatozoides. E as variáveis de fluxo descontinuado são aquelas em que a resposta só pode ser obtida uma única vez no mesmo animal. Por exemplo: produção de carne (kg/ha).

É visível o ganho que se tem obtido nos últimos anos quanto à qualificação dos dados de campo. Já há alguns anos foi observado que o sucesso no melhoramento genético de qualquer espécie depende, fundamentalmente, de quatro princípios básicos: medição com o menor erro possível das características a serem melhoradas, identificação com precisão dos animais melhoradores, permissão para que estes animais deixem o maior número de filhos em relação à média da população e garantia de que o fluxo de alelos seja sempre no sentido de animais (rebanhos) de maior mérito genético para os de menor (ALVES et al., 1999).

A qualidade dos dados gerados no campo (medição com o menor erro possível) é, sem dúvida, a base de todo o programa, e percebe-se o investimento que tem sido feito, em especial, pelas Associações de Criadores, no sentido de conscientização dos produtores de que dados incorretos não geram informações corretas.

Neste sentido, faz parte do Programa Geneplus o estabelecimento de um Plano de Trabalho a ser conduzido na Fazenda assessorada. Nesta proposta, em função das condições de infraestrutura e de pessoal, bem como do material genético (matrizes e reprodutores) de cada propriedade são definidos os objetivos do Programa, as características a serem trabalhadas, a rotina de coleta de dados e as estratégias de melhoramento genético a serem aplicadas.

Portanto, é importante que todos os indivíduos participantes de um programa estejam comprometidos para que a coleta de dados seja feita de forma correta, reduzindo-se ao máximo os erros. Assim, a implantação do Programa de Melhoramento na Fazenda e as visitas periódicas do técnico credenciado são de fundamental importância para o acompanhamento direto da coleta de dados e na aplicação dos procedimentos adequados naquela prática.

Para a coleta, gerenciamento e remessa dos dados ao Programa Geneplus é necessária a utilização de um aplicativo adequado. Embora disponível, não há obrigatoriedade de uso do *software* Geneplus para coleta dos dados. É facultada aos usuários a utilização de qualquer outro recurso, desde que sejam atendidas as recomendações estabelecidas no Plano de Trabalho. Há necessidade de assegurar que estes aplicativos disponibilizem ambientes para o cadastro básico dos dados relativos ao pedigree dos animais, além de

propiciar condições de acompanhamento dos desempenhos produtivo e reprodutivo de todas as categorias de animais. Cuidados especiais são necessários com relação à infraestrutura adequada e segura, de forma a garantir a preservação dos dados coletados.

Ao se abordar a importância de uma coleta de dados de qualidade, deve-se ressaltar a grande utilidade do cronograma de atividades que é estabelecido na elaboração do Plano de Trabalho. Todas as atividades a serem desenvolvidas nas diferentes fases do Programa decorrem do estabelecimento da estação de monta. Assim, os primeiros dados a serem registrados são relacionados aos acasalamentos.

Uma proposta básica do Programa Geneplus envolve cinco fases: acasalamento, nascimento, maternal, desmama e sobreano, nas quais se incluem as características que deverão ser monitoradas, definidas no Plano de Trabalho.

Uma vez estabelecida a estação de monta, as demais fases são definidas como consequência, facilitando-se a composição dos grupos de manejo. Desta forma, progênes pertencentes ao mesmo grupo de manejo (por exemplo, do mesmo sexo, nascidos em um ou dois meses consecutivos, no mesmo regime alimentar e submetidos a condições idênticas de tratamento) devem ser manejadas, preferencialmente, no mesmo ambiente e avaliadas na mesma oportunidade até a fase final de coleta dos dados.

É importante registrar que, com base nestas informações, são definidos os grupos de contemporâneos (formados pela sequência de grupos de manejo) que são, em geral, considerados nas avaliações genéticas. A constituição precisa dos grupos de contemporâneos é de grande importância por permitir a correção dos diversos efeitos não genéticos (fazenda, ano e estação de nascimento, sexo e regime alimentar, dentre outros), possibilitando a estimação de Diferenças Esperadas na Progênie – DEPs comparáveis mesmo de animais nascidos em diferentes épocas, fazendas ou condições de criação.

Em cada uma das fases incluem-se as características ditas próprias do programa dentro do seu grupo, ou seja: **produtivas** (pesos, ganhos de pesos etc.); **reprodutivas** (idade ao primeiro parto, perímetro escrotal etc.); **de biótipo** (conformação frigorífica, condição corporal etc.); e **de carcaça** (área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmoreio, conformação frigorífica etc.). Além das características citadas, recomenda-se que se adote uma avaliação rotineira dos caracteres relacionados aos aprumos, padrão racial e características sexuais, de modo a se atender os padrões preconizados pelas associações das raças bem como garantir o desempenho normal do animal.

Além dos conceitos básicos apresentados no processo de coleta de dados, algumas recomendações gerais merecem destaque: 1) identificar os animais com segurança e correção; 2) utilizar equipamentos adequados, de boa precisão e em boas condições de manutenção (tatuadores, ferros de marcar, balanças, trenas, régua, assim como demais ferramentas e outros equipamentos); 3) jamais estimar dados; 4) coletar os dados referentes a todos os animais pertencentes a um dado grupo de manejo; 5) é recomendado que à desmama sejam coletados os dados referentes a todos os animais mesmo daqueles que tiverem que ser descartados (a falta de dados destes animais implica em prejuízo na qualidade da avaliação genética); 6) as avaliações visuais de características, classificadas por escores, devem ser feitas por pessoal tecnicamente habilitado.

Outra recomendação importante diz respeito ao controle dos animais. O ideal é que sejam controlados todos os animais do rebanho, não apenas parte dele. Como apenas os desvios de cada característica em relação à média do grupo contemporâneo é que são

considerados para a estimação das DEPs, os dados de uma amostra não refletem adequadamente a realidade como seria, caso fossem considerados todos os animais daquele grupo. Como consequência deste fato, o resultado da avaliação genética não é completo, não é preciso e o principal prejudicado é o próprio criador.

Diversos outros fatores contribuem para a qualidade e confiabilidade das avaliações genéticas. No entanto, a coleta de dados deve receber um cuidado especial, pois dela dependem em menor ou maior grau todos os demais passos do Programa de Melhoramento. A importância desta atividade se mantém mesmo quando se utilizam dados moleculares no processo de avaliação genética. A eficiência desta ferramenta é dependente da existência de dados de campo (fenótipos) em quantidade e qualidade (MENEZES et al., 2012).

Utilização das informações

Ao criador serão disponibilizadas as avaliações genéticas de todos os animais pertencentes ao rebanho, ou seja: reprodutores, matrizes e animais jovens, puros ou mestiços, tanto para as características de desempenho quanto para aquelas ligadas ao complexo reprodutivo em todas as fases (idades) estabelecidas como de interesse para o seu objetivo.

Os resultados das avaliações genéticas apresentadas pelo Programa Geneplus são apresentadas ao produtor na forma de Diferença Esperada na Progênie (DEP) associada à sua respectiva precisão (acurácia). Além disso, os animais são ordenados de acordo com o Índice de Qualificação Genética (IQG) e alocados em classes de Percentis.

A DEP deve, portanto, ser utilizada como critério de seleção ou de descarte dos indivíduos. Da mesma forma, os planos de acasalamentos devem ser estrategicamente estabelecidos com base nas DEPs preditas. Tão importante quanto o conhecimento da estimativa da DEP é a confiabilidade deste valor. Esta estatística, que calcula a correlação entre o valor estimado e o valor real da DEP do animal é denominada acurácia.

Ressalta-se que a DEP deve ser o elemento de decisão de utilização de um ou outro indivíduo, sendo a acurácia indicadora da intensidade de sua utilização (medida de risco).

A expressão matemática utilizada para o cálculo da acurácia no Programa Geneplus é a recomendada para gado de corte pelo *Beef Improvement Federation* (BERTRAND et al., 2002) dos Estados Unidos da América.

Além da apresentação das DEPs para cada uma das características, o Programa Geneplus propõe a classificação dos animais segundo o Índice de Qualificação Genética (IQG). O estabelecimento do IQG tem por objetivo agregar em um único valor classificatório as estimativas dos valores genéticos dos indivíduos, expressas em DEPs, ponderadas pelos respectivos graus de importância na composição do objetivo geral de seleção. O IQG é expresso em unidades de desvios-padrão.

As classes de percentis são utilizadas com o objetivo de facilitar uma rápida indicação da posição do indivíduo para uma determinada DEP ou o seu IQG, dentro da população, envolvendo o número total de indivíduos avaliados. O Programa Geneplus apresenta dois percentis. Enquanto no primeiro, o indivíduo é classificado dentro de toda a população, no segundo o animal é classificado entre os animais ativos, por exemplo, nascidos nos últimos cinco anos e sem progênie incluída na avaliação. Neste caso, o indivíduo é classificado dentro de um grupo de animais geneticamente superiores, com

médias de valores genéticos superiores àquelas da população, desconsiderando os animais de gerações anteriores, gerando assim uma classificação mais rigorosa e adequada para os fins de seleção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das avaliações, dentro do rebanho ou entre rebanhos, constituirão, assim, instrumentos de decisão. De posse destas informações, cabe ao criador, participante do programa de melhoramento, identificar quais indivíduos serão utilizados no processo reprodutivo, qual a participação de cada um destes indivíduos identificados e como serão combinados.

A visão do Programa Geneplus é que a avaliação genética é uma ferramenta de trabalho na condução de um programa de melhoramento genético. O programa deve sempre ser definido na busca de maior produção de quilogramas de carne por hectare, em determinado tempo e com menores custos. Além disso, o Programa deve ser sensível à avaliação contínua. Deve-se, portanto, almejar uma correlação perfeita entre os objetivos definidos e os resultados obtidos.

Desta forma, o Programa Geneplus subsidia tanto os produtores de animais geneticamente superiores, denominados núcleos de seleção, quanto os multiplicadores, que adquirem animais dos primeiros, e os produtores comerciais que se beneficiam pela utilização de reprodutores de valores genéticos superiores.

FONTES DE REFERÊNCIA

- ALVES, R.G.O.; SILVA, L.O.C.; EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R. **Disseminação do Melhoramento Genético em Bovinos de Corte**. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 28, nº 6, p. 1219-1225, 1999.
- BERTRAND, K.; CUNDIFF, L.; GOLDEN, B.; KACHMAN, S.D.; QUAAS, R.; VAN VLECK, D.; WILLIAMS, R.E. National Cattle Evaluation. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for uniform beef improvement programs**. 8th ed. Athens, GA, 2002. p. 50-65.
- MENEZES, G.R.O.; NOBRE, P.R.N.; SILVA, L.O.C.; ROSA, A.N. In: SUMÁRIO DE TOUROS NELORE - GENEPLUS | EMBRAPA. **Importância da coleta de dados para o sucesso do programa de melhoramento**. Campo Grande, MS: RICA Soluções em agronegócio, 2012. p. 40-41.
- NOBRE, P.R.C. **Avaliação de reprodutores em bovino de corte**. Campo Grande, MS: EMBRAPA - CNPGC, 1989. 27 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 42).
- PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal**. FEPMVZ-Editora, Belo Horizonte, 2004. 609p.
- ROSA, A.N.; SILVA, L.O.C.; NOBRE, P.R.C.; MARTINS, E.N.; COSTA, F.P.; TORRES JR., R.A.A.; MENEZES, G.R.O.; FERNANDES, C.E.S. **Pecuária de corte: vale a pena investir em touros geneticamente superiores?** *Rev. ABCZ, Uberaba: ABCZ*, maio-junho, 2013, p.92-96.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística Aplicada à Experimentação Animal**. Belo Horizonte, MG: 3^a edição, Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007. 264 p.

