

Planaltina, DF / Maio, 2025

Herança genética do desenvolvimento de chifres em zebuínos



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 1517-5111 / e-ISSN 2176-5081

Documentos 417

Maio, 2025

Herança genética do desenvolvimento de chifres em zebuínos

*Larissa Bordin Temp
Ludmilla Costa Brunes
Letícia Silva Pereira
Raysildo Barbosa Lobo
Ovidio Carlos de Brito
Ricardo Viacava
Fernando Baldi
Cláudio Ulhôa Magnabosco*

***Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2025***

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
73310-970 Planaltina, DF
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Eduardo Alano Vieira

Secretária-executiva

Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Membros

Alessandra de Jesus Boari, Alessandra

Silva G. Faleiro, Angelo Aparecido

Barbosa Sussel, Fábio Gelape Faleiro,

Fabiola de Azevedo Araújo, Giuliano

Marchi, Jussara Flores de Oliveira

Arbues, Karina Pulrolnik, Maria Emília

Borges Alves e Natália Bortoleto

Athayde Maciel

Edição executiva e revisão de texto

Jussara Flores O. Arbues

Normalização bibliográfica

Antonia Veras de Souza (CRB-1/2023)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Jussara Flores O. Arbues

Foto da capa

Ricardo Gouveia, Nelo RG

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

Herança genética do desenvolvimento de chifres em zebuínos / Larissa Bordin Temp ... [et al.] - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2025.

PDF (41 p.) : il. color. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 / e-ISSN 2176-5081; 417).

1. Melhoramento genético animal. 2. Gado Nelore. 3. Marcador molecular. I. Temp, Larissa Bordin. II. Brunes, Ludmilla Costa. III. Pereira, Letícia Silva. IV. Lobo, Raysildo Barbosa. V. Brito, Ovidio Carlos de Brito. VI. Viacava, Ricardo. VII. Baldi, Fernando. VIII. Magnabosco, Cláudio Ulhôa. IX. Série. X. Embrapa Cerrados.

CDD (21 ed.) 636.2089

© 2025 Embrapa

Autores

Larissa Bordin Temp

Zootecnista, mestre em Ciência Animal, estudante de doutorado da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP

Ludmilla Costa Brunes

Zootecnista, doutora em Zootecnia
Professora da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

Letícia Silva Pereira

Médica-veterinária, doutora em Zootecnia,
Especialista em Pesquisa e Inovação na Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, Ribeirão Preto, SP

Raysildo Barbosa Lobo

Médica-veterinário, Doutor em Ciências Biológicas
Fundador e Presidente Emérito Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, Ribeirão Preto, SP

Ovidio Carlos de Brito

Sociólogo, Diretor-Presidente do Conselho Marca OB, Pontes e Lacerda, MT

Ricardo Viacava

Administrador, Diretor no Nelore CV, São Paulo, SP

Fernando Baldi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento Animal, professor da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP

Cláudio Ulhôa Magnabosco

Zootecnista, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Os autores agradecem à Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores pelo fornecimento do conjunto de dados e dados genealógicos. À Fazenda Regalito, CRV Brasil, Vila Rica Agropecuária, Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, Nelore CV, Alta Genetics, ABS PECPLAN e Marca OB pelo fornecimento das fotos dos animais utilizados no artigo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Apresentação

Na pecuária moderna de corte, há um esforço crescente para reduzir a presença de chifres, a fim de evitar acidentes relacionados ao manejo e perdas econômicas causadas por danos ao couro e ao tecido muscular. A descorna, prática comum, apresenta desvantagens, sendo dolorosa e estressante para os animais, o que pode levar a prejuízos econômicos. No entanto, há uma alternativa promissora: investir na seleção de animais naturalmente mochos, aumentando a incidência de alelos para o gene de mocho, especialmente na raça Nelore. Essa alternativa representa uma perspectiva mais humana e sustentável para a pecuária.

O modelo mais aceito para a herança de mocho descreve três loci: o primeiro, com um alelo dominante para mocho (P) e um alelo recessivo para chifres (p); o segundo, *Scurs*, relacionado ao desenvolvimento de calo/batoque (Sc) e à ausência deles (sc); e o terceiro, o locus africano dos chifres, com alelos para chifres (Ha) e para mocho (ha). Contudo, ainda não há estudos que elucidem completamente o mecanismo de herança e como esses alelos interagem para determinar o fenótipo mocho, que pode ser influenciado por múltiplos genes ou por um fundo genético oligogênico.

A seleção para o caráter mocho em raças zebuínas vem sendo realizada de forma pioneira pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Com base na experiência prática nas atividades da instituição, na coleta a campo realizada em colaboração com criadores da raça e na variação fenotípica observada, foi proposto um sistema fenotípico de quatro categorias: mocho, mocho filho de pais com chifres, calo/batoque e presença de chifres. Essa abordagem buscou refletir as experiências de campo observadas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das variações genéticas dentro da raça Nelore, e foi validada por meio de estudo científico.

Esta revisão apresenta aspectos relacionados à compreensão da presença e ausência de chifres nas raças zebuínas no Brasil, destacando suas particularidades fenotípicas e o mecanismo de herança

genética envolvido. Além disso, busca-se abordar, de forma abrangente, os avanços nas análises de predição genômica relacionadas ao caráter mocho na raça Nelore, contribuindo para o aprimoramento do manejo e da seleção genética dessa característica.

Sebastião Pedro da Silva Neto
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	11
Presença de chifres e bem-estar animal	13
Raças mochas no Brasil	17
Herança mendeliana para o gene mocho	22
Predição genômica para desenvolvimento de chifre na raça Nelore	27
Considerações finais	30
Referências	31

Introdução

Em seu habitat natural, os chifres dos bovinos servem como mecanismo de defesa contra predadores, disputas territoriais e também durante a escolha sexual (Gehrke et al., 2020; Simon et al., 2022). Em fazendas modernas de bovinos de corte, há uma crescente iniciativa para minimizar a presença de chifres, com o objetivo de prevenir acidentes durante o manejo e reduzir perdas econômicas causadas por lesões no couro e no tecido muscular (Mendonça et al., 2016; Stafuzza et al., 2018; Youngers et al., 2017). Embora a descorna seja uma prática comum, apresenta desvantagens significativas devido à dor e ao estresse que causa nos animais, podendo resultar em perdas econômicas. Uma abordagem alternativa é a seleção de animais naturalmente mochos, o que aumenta a prevalência de alelos para o gene de mocho, especialmente na raça Nelore (Bates et al., 2016; Knierim et al., 2015).

A seleção de animais mochos representa uma perspectiva promissora para um futuro mais ético e sustentável na pecuária. O primeiro estudo sobre bovinos Nelore com o fenótipo mocho, realizado por Stafuzza et al. (2018), focou na presença e na ausência de chifres. Esses autores identificaram redes gênicas localizadas, principalmente, na região de 3,11 Mb no cromossomo 1, envolvidas no desenvolvimento de chifres nessa raça. Além disso, a presença de calo/batoque, que são pequenas estruturas semelhantes a chifres, muitas vezes não funcionais, pode ajudar a elucidar o padrão de herança em gado zebuíno, com o objetivo de produzir animais sem calo/batoque. Ketel e Asai-Coakwell (2020) sugeriram que a presença de chifres e genes mochos homozigotos pode mascarar o fenótipo de calo/batoque, indicando uma relação complexa entre essas características. O calo/batoque consiste em formações semelhantes a chifres, localizadas na região do corno, que não se encontram aderidas ao crânio, como ocorre no caso dos chifres.

Embora a base genética do caráter mocho não esteja completamente elucidada, a influência do sexo tem sido observada (Gehrke

et al., 2020; Simon et al., 2022). Johnston et al. (2011) relataram que o padrão de herança dos chifres pode ser dominante em machos e recessivo em fêmeas. Além disso, foi relatado que a distribuição dos fenótipos de chifres e calo/batoque indica que essa característica depende do sexo, sendo calo/batoque significativamente mais comum em machos do que em fêmeas (61% vs. 10%) (Gehrke et al., 2020). Esses achados sugerem uma ligação entre o sexo e o desenvolvimento de chifres, potencialmente envolvendo cromossomos não autossômicos, com padrões de herança variados entre os sexos.

A eficácia da predição e da resposta à seleção depende de como os animais são classificados com base no fenótipo, com maior precisão sendo observada quando os fenótipos são avaliados em quatro categorias: mocho, calo, batoque e chifres. Isso sugere que o cruzamento de animais mochos, por meio da seleção, pode ser mais bem-sucedido ao distinguir entre mochos homozigotos, mochos filhos de pais com chifres, calo/batoque e presença de chifres, em vez de categorizá-los simplesmente como aspados ou mochos (Temp et al., 2024). No entanto, a distinção entre animais nas categorias chifres, calo/batoque e mochos continua sendo um desafio, devido às dificuldades em diferenciar essas características no início do desenvolvimento pós-natal (Duijvesteijn et al., 2018).

Diante disso, o objetivo desta revisão é aprofundar a compreensão sobre a presença ou ausência de chifres nas raças zebuínas no Brasil, destacando suas particularidades fenotípicas e o mecanismo de herança genética envolvido. Além disso, busca-se abordar, de forma abrangente, os avanços nas análises de predição genômica relacionadas ao caráter mocho na raça Nelore, contribuindo para o aprimoramento do manejo e da seleção genética dessa característica.

Presença de chifres e bem-estar animal

O desenvolvimento do botão córneo em fetos bovinos é relatado como visível por volta dos 58 dias de gestação, passando por diversas fases ao longo do período gestacional. Entre o segundo e o terceiro mês, a epiderme do botão córneo apresenta sete camadas de queratinócitos vacuolados. No terceiro e quarto mês, esse número aumenta para 12 camadas, sem a presença de folículos pilosos, mas com feixes nervosos já identificáveis. Entre o quinto e o sexto mês de gestação, observam-se folículos pilosos, glândulas sebáceas e feixes nervosos mais pronunciados. No sétimo e oitavo mês, os queratinócitos deixam de ser vacuolados, mantendo-se a presença de folículos pilosos e glândulas sebáceas (Wiener et al., 2015). De acordo com Habel e Budras (2003), há diferenças sexuais na estrutura dos chifres, sendo que, em fêmeas, eles tendem a ser mais alongados e finos, enquanto, em machos, são mais curtos e espessos, influenciados pelos padrões hormonais.

A morfologia dos chifres em bovinos varia significativamente entre espécies e raças. Existem três fenótipos principais, baseados na presença ou ausência de chifres: mocho (sem chifres), aspado e um fenótipo intermediário conhecido como calo/batoque – tecido com a mesma composição do chifre, porém solto e móvel em relação à estrutura cranial (Duijvesteijn et al., 2018; Gehrke et al., 2020). Gehrke et al. (2020) descrevem uma ampla gama de fenótipos de chifres, variando desde animais completamente mochos até aqueles com protuberâncias frontais, crostas, calo/batoque de até 10 cm de comprimento e chifres regulares.

Davis et al. (2011) definem os chifres (Figura 1) como apêndices permanentes e emparelhados, consistindo em uma parte externa de queratina e uma parte interna de tecido vivo. Em contraste, os calos/batoques (Figura 1) são mais curtos, não crescem na mesma velocidade que os chifres e apresentam variação entre indivíduos,

raças e sexos, com ampla diversidade em formato, tamanho e comprimento (Capitan et al., 2011). Tipicamente, os chifres são visíveis logo após o nascimento, enquanto o calo/batoque começa a aparecer após 4 meses de idade (Lange et al., 1990). Em alguns casos, o calo/batoque pode se desenvolver de forma assimétrica, com um lado apresentando a formação enquanto o outro permanece mocho, ou com tamanhos distintos entre os lados da cabeça. De modo geral, seu desenvolvimento ocorre mais precocemente em machos, sendo detectável entre 4 e 6 meses de idade, enquanto, em fêmeas, a observação pode ocorrer entre 9 e 18 meses de idade (Capitan et al., 2011). Por outro lado, a condição de mocho pode ser identificada desde os primeiros estágios de vida e permanece inalterada ao longo do tempo (Figura 2).

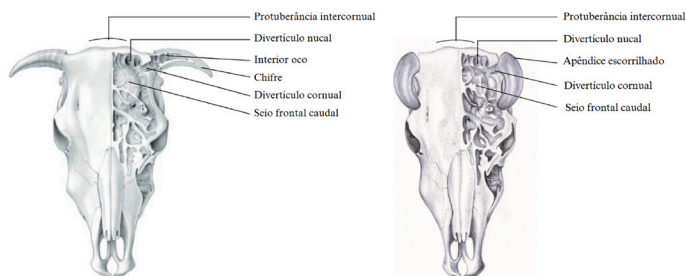


Figura 1. Vista dorsal da anatomia craniana de um bovino apresentando chifres e scurs.

Fonte: Adaptado de Oliveira et al., 2023.

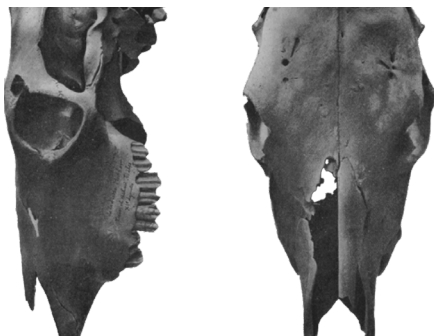


Figura 2. Crânio naturalmente mocho.

Fonte: Schafberg e Swalve, (2015).

Na natureza, os chifres têm várias funções: defesa contra predadores, estabelecimento de dominância entre machos para garantir privilégios ou preferência nos acasalamentos e proteção dos filhotes contra agressões (Estes, 1991). Historicamente, os produtores favoreciam bovinos com chifres porque eram usados como animais de tração, o que facilitava a fixação de arreios (Rosenberger; Robeis, 2005). No entanto, animais com chifres podem representar riscos para os operadores e outros animais na fazenda, causando ferimentos durante interações ou danificando as carcaças. Estudos de Sambras (1978) e Goonewardene e Hand (1991) sugerem que animais mochos podem apresentar temperamento mais calmo em comparação aos animais com chifres.

Pesquisas indicam diferenças notáveis entre animais com chifres e mochos: vacas leiteiras sem chifres apresentam redução na atividade e no deslocamento (Knierim et al., 2015), enquanto rebanhos com chifres demonstram níveis mais altos de agressão física (Menke et al., 1999). As vacas também utilizam os chifres para estabelecer dominância dentro do rebanho e para a autolimpeza (Beilharz e Zeeb, 1982; Bouissou, 1972). Embora os chifres estejam associados à termorregulação e à troca de calor nasal (Hoefs, 2000; Knierim et al., 2015; Parès-Casanova e Caballero, 2014; Taylor, 1966), sua presença aumenta o risco de lesões nos rebanhos. Costa-e-Silva (2007) demonstraram que a presença de animais com chifres em um lote pode influenciar o grau e a quantidade de hematomas, pois esses animais tendem a ser dominantes em relação aos sem chifres e usam os chifres para empurrar e ferir outros bovinos.

Na pecuária leiteira, as lesões causadas por chifres costumam ser superficiais, mas podem evoluir para ferimentos graves no úbere e na vulva, impactando economicamente os produtores (Knierim et al., 2015). Estudos de Meischke et al. (1974) e Shaw et al. (1976) destacam um aumento na incidência de hematomas em bovinos com chifres durante o transporte para frigoríficos, exigindo maior retirada de tecido lesionado em comparação aos bovinos mochos. Na indústria australiana, a incidência de hematomas em bovinos com chifres foi encontrada como sendo duas vezes maior do que em bovinos

mochos (Collins e Huey, 2014). Da mesma forma, Huertas et al. (2010) observaram, no Uruguai, uma correlação positiva entre a presença de carcaças com hematomas e lotes de animais com chifres.

De acordo com Vaz et al. (2012), esses hematomas impactam negativamente os lucros e afetam a qualidade e a localização dos melhores cortes de carne nas carcaças. Ao comparar raças taurinas e zebuínas, verificou-se um número maior de lesões nas carcaças de bovinos zebuínos em relação aos taurinos. Especificamente, grupos de animais com chifres exibiram mais hematomas nas carcaças em comparação aos animais mochos (Mendonça et al., 2016). O mesmo autor concluiu que bovinos zebuínos com chifres são mais suscetíveis a hematomas nas carcaças, estando esse fator associado ao próprio animal e levando a maiores perdas econômicas para produtores e indústrias.

Para os produtores, criar bovinos mochos pode ser economicamente vantajoso, pois reduz o risco de lesões tanto para os animais quanto para os tratadores (Knierim et al., 2015). Além disso, os processos de descorna ou mochação podem causar considerável estresse e dor aos animais, sendo a descorna geralmente mais prejudicial ao bem-estar animal do que a mochação (Knierim et al., 2015). Há ainda o risco de infecção no local, podendo haver comprometimento do crescimento dos animais e gerando custos adicionais para os produtores (Aldersey et al., 2020). O amochamento consiste na destruição das células queratogênicas que ainda não se fundiram ao crânio e, portanto, é realizado em animais com até 2 meses de idade. Após essa idade, o procedimento torna-se cirúrgico, denominado descorna, que tem por objetivo amputar o corno já formado e fundido (Laven et al., 2009).

Para incentivar práticas mais humanitárias, há um interesse crescente no uso de bovinos mochos como reprodutores, garantindo a produção de progênie naturalmente mochas e eliminando a necessidade de descorna (Bates et al., 2016; Knierim et al., 2015). O uso da seleção genética para produzir animais mochos traz benefícios como a promoção do bem-estar animal, a redução do risco de lesões entre os animais, a eliminação da necessidade de descorna e a diminuição

do risco de acidentes envolvendo pessoas que trabalham diretamente com os animais (Schafberg; Swalwe, 2015).

Em um estudo voltado à obtenção da opinião pública, McConachie et al. (2019) investigaram percepções sobre a modificação genética para a produção de bovinos mochos como uma estratégia para melhorar o bem-estar animal em rebanhos leiteiros. Os participantes destacaram a dor associada à descorna e a humanização do procedimento, mencionando tanto o sofrimento do animal durante a remoção dos chifres quanto o risco de infecção subsequente. Outros apontaram benefícios da descorna genética, enfatizando seu potencial para promover o bem-estar animal e aumentar a segurança de trabalhadores e de outros animais. Entretanto, alguns entrevistados se mostraram contrários à modificação genética para obtenção de animais mochos, argumentando que essa prática interfere nos processos naturais e representa uma tentativa de “brincar de Deus”. De modo geral, o bem-estar animal emergiu como a principal preocupação dos participantes, o que está em consonância com os achados de Prickett et al. (2010) e Clark et al. (2016).

Raças mochas no Brasil

As raças bovinas de origem indiana, *Bos taurus indicus*, desempenham um papel significativo nos países tropicais e são um componente importante do rebanho de gado de corte do Brasil. Nas últimas décadas, o interesse na seleção de linhas mochas (sem chifres) aumentou consideravelmente (Rosa et al., 2020). O caráter mocho nas raças zebuínas no Brasil é atribuído à raça Mocho Nacional (*Bos taurus*), que é semelhante à raça Caracu mocha (Santiago, 1985). No início da expansão das raças zebuínas no país, a raça Mocho Nacional era criada nos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais, mas foi, em sua maior parte, absorvida por cruzamentos com as raças zebuínas. Os primeiros animais zebuínos mochos surgiram de cruzamentos entre espécimes de zebu e Mocho Nacional em 1907 (Santiago, 1985; Rosa et al., 1992).

Em 1976, os primeiros registros da variedade Gir mocha, nascidos do cruzamento de animais Gir com Mocho Nacional e Red Poll, foram observados na fazenda do criador João Inácio de Souza Filho, revelando uma tendência de os Gir mochos serem mais longos e altos em comparação com o padrão de animais com chifres (Rosa et al., 1992). Seguindo o padrão racial da raça Gir, a variedade mocho se diferencia apenas pela ausência de chifres. Ambas as raças compartilham traços étnicos comuns, como o perfil craniano ultracôncavo e as orelhas caídas. O gado Gir mocho é altamente rústico e eficiente na conversão de pastagens fibrosas e com menor teor de proteína em carne e leite. Ambas as raças consistem em animais harmônicos, com comprimento corporal médio de 168 cm, altura posterior de 155 cm e circunferência torácica de 222 cm (Associação Brasileira de Criadores de Zebu, 2005). Conforme a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (2020), mais de 400 mil animais da raça Gir, com e sem chifres (Figura 3), foram registrados, apresentando um aumento contínuo no número de registros a cada ano.

Fotos: Eduardo Livramento (A) e Carlos Henrique (B)

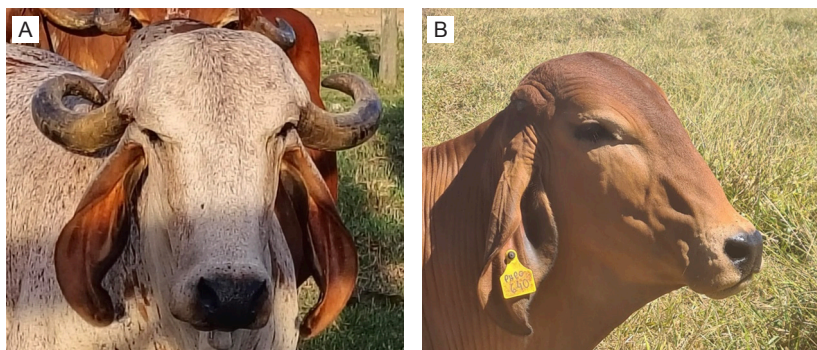


Figura 3. Variedade padrão com chifres e a variedade mocho (sem chifres) da raça Gir.

A raça Tabapuã originou-se de um bezerro mocho nascido em 1940, que se destacou pelo seu desenvolvimento e conformação, sendo nomeado Tabapuã T-0 (Santiago, 1985). Esta raça foi desenvolvida por meio de cruzamentos com gado nacional mocho, inicialmente utilizando a endogamia para fixar as características observadas no

touro T-0, da fazenda Água Milagrosa. O Nelore foi a raça mais utilizada nos cruzamentos, resultando na predominância da cor cinza-claro nos animais (Associação Brasileira dos Criadores de Tabapuã, 2013).

De acordo com Santiago (1985), o caráter mocho (Figura 4) na raça Tabapuã permite um maior número de animais por cocho de alimentação e bebedouro, além de reduzir o risco de acidentes com humanos e outros animais. O primeiro registro oficial ocorreu em 1971, mas o Tabapuã só foi oficialmente reconhecido como raça em 1981. Essa raça se assemelha ao Zebu Americano, o Brahman; porém, no Tabapuã, todos os animais são mochos. Na raça Tabapuã, qualquer presença de calo/batoque ou chifres rudimentares é desqualificadora (Santiago, 1983).

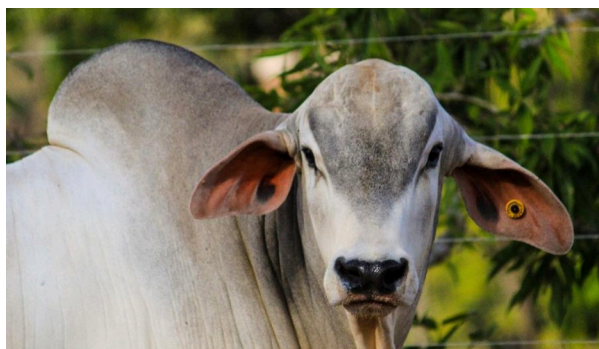


Foto: Renato Ximenes

Figura 4. Raça Tabapuã Mocho.

A variedade mocha da raça Nelore teve início com o nascimento do bezerro Caburrey, em 1957, filho de pais com chifres (Figura 5), que posteriormente foi utilizado em cruzamentos com vacas Nelore padrão, resultando em toda a descendência sendo mocha (Guimarães e Faria, 2010). O livro genealógico da variedade mocha da raça Nelore foi aberto em 1969 e, atualmente, ocupa o segundo lugar em número de registros pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) (Guimarães e Faria, 2010). Almeida et al. (2009) relataram que a variedade mocha apresentou uma superioridade de aproximadamente 2% em peso, quando comparada aos machos Nelore

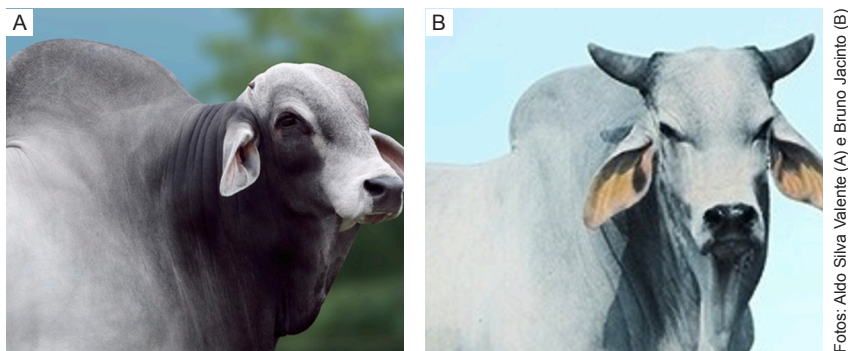
padrão com chifres, independentemente do regime alimentar adotado. Um estudo conduzido por Oliveira et al. (2023) na raça Nelore demonstrou que a seleção de animais mochos apresenta o melhor custo-benefício, configurando-se como um método eficiente para a redução de gastos. Isso se deve, em grande parte, ao efeito dominante do fenótipo mocho, que possibilita ganhos expressivos, especialmente na primeira geração de seleção.

A raça Brahman (Figura 6) foi desenvolvida por meio de cruzamentos repetidos entre raças bovinas *Bos taurus indicus*, importadas da Índia para os Estados Unidos entre 1854 e 1926, e raças bovinas *Bos taurus taurus*. A formação da raça ocorreu em duas etapas: primeiro nos Estados Unidos e, posteriormente, na Austrália. Esse processo resultou na introgressão de grandes segmentos do genoma *Bos taurus* no genoma Brahman, especialmente no cromossomo X (Koufariotis et al., 2018). A raça está presente em mais de 70 países e foi introduzida no Brasil em 1994, passando a ser registrada pela ABCZ. Desde então, tem obtido excelentes resultados produtivos (Associação Brasileira de Criadores de Zebu, 2024).

Fotos: Leticia Pereira



Figura 5. Variedade padrão com chifres e a variedade mocho (sem chifres) da raça Nelore.



Fotos: Aldo Silva Valente (A) e Bruno Jacinto (B)

Figura 6. Variedade padrão com chifres e a variedade mocho (sem chifres) da raça Brahman.

Koufariotis et al. (2018) sequenciaram o genoma de 46 touros influentes da raça Brahman utilizados na Austrália entre 1953 e 2018, selecionados por serem ancestrais-chave da população moderna da raça. O alelo mocho foi localizado no cromossomo 1 em bovinos taurinos e compostos, com três mutações putativas identificadas. A primeira corresponde a uma duplicação observada em bovinos da raça Frísia; a segunda, de origem céltica; e a terceira, originária de bovinos Turano-Mongólicos, recentemente detectada em iaques mongóis por meio de introgressão. No entanto, essa terceira mutação não foi observada segregando nos animais da raça Brahman, e sua presença é considerada improvável, uma vez que, até o momento, foi descrita exclusivamente em bovinos Turano-Mongólicos e iaques mongóis.

Lima et al. (2023) observaram que a raça Nelore mocha é mais frequente em regiões com maior precipitação, enquanto o Brahman mocho predomina em áreas de pastagem em boas condições, embora também ocorra em locais com alto índice de desenvolvimento humano. As raças zebuínas apresentam maior concentração na região Centro-Oeste, seguidas das regiões Sudeste e Nordeste, o que pode ser atribuído à posição central dessas raças no Brasil, conforme relatado por McManus et al. (2016). A menor presença de zebuínos na região Sul do país deve-se ao uso tradicional de raças europeias e às condições climáticas subtropicais ou temperadas.

Observações contrastantes foram identificadas em grupos mochos da raça Brahman, que, consistentemente, apresentaram parâmetros de produção indesejáveis relacionados ao peso vivo e às características de carcaça. No entanto, análises recentes das características produtivas e da qualidade da carne em bovinos das raças Charolais, Hereford, Limousin, Simmental, Shorthorn, Droughtmaster, Brahman e Santa Gertrudis, na Austrália, indicam que o caráter mocho não exerce efeitos negativos sobre a produção e a qualidade da carne bovina. Além disso, para diversas características, os animais mochos demonstraram superioridade estatística. Entretanto, o efeito observado foi relativamente pequeno, sugerindo que a seleção de animais mochos, em comparação aos com chifres, não resultaria em ganhos genéticos significativos para as características avaliadas (Randhawa et al., 2021a). Em outro estudo realizado pelos mesmos autores, utilizando as mesmas raças, foram encontradas associações positivas entre o caráter mocho e características relacionadas à fertilidade e à prenhez, com taxas de progresso determinadas pela herdabilidade de cada característica (Randhawa et al., 2021b).

Herança mendeliana para o gene mocho

No cenário atual da produção de bovinos de corte, a busca por características que promovam melhorias na eficiência produtiva e no bem-estar animal tem sido uma prioridade, como previamente discutido. Entre essas características, a condição mocha, ou ausência de chifres, é um atributo altamente significativo. O primeiro registro de um animal mocho no Brasil data de 1957 (Santiago, 1987). No entanto, há registros fotográficos de animais mochos na Índia muito antes desse período, conforme documentado no livro *Ongole* (Compendium 1885–2016), dos autores Mullapudi Narendranath e Adusumilli Madhusudhana Rao.

Registros antigos indicam uma das evidências mais precoces da presença de bovinos mochos na Alemanha, com fragmentos cranianos descobertos em escavações próximas a Halle (Saale) (Figura 7). Esses vestígios foram datados pelos arqueólogos entre 3400 e 3000

a.C. Além disso, Auld (1887) confirmou a existência de bovinos mochos no Egito Antigo, informação corroborada por achados arqueológicos representados graficamente no estudo de Lortet e Gaillard (1905). Embora os achados arqueológicos de crânios geneticamente mochos sejam raros, não se pode descartar a possibilidade de que a descorna tenha sido uma prática comum. No entanto, registros históricos sobre a vida no Egito Antigo descrevem diversas práticas associadas à criação de animais, como castração e marcação, o que torna a hipótese da descorna menos provável (Schafberg e Swalve, 2015). Lortet e Gaillard (1905) relatam que, de acordo com o explorador Henry Morton Stanley (século XIX), a descorna, embora não comprovada no Egito Antigo, era uma prática comum na África, assim como a presença de bovinos geneticamente mochos.



Figura 7. Fragmento de crânio mocho da cultura neolítica Funnelbeaker de Halle-Mötzlich.

Fonte: Schafberg e Swalve (2015).

Há mais de um século, estudos vêm sendo conduzidos para descrever o padrão de herança da presença ou ausência de chifres em bovinos (Rosa et al., 2020). A herança da presença de chifres foi uma das primeiras características de herança mendeliana estudadas em bovinos Nelore (Stafuzza et al., 2018). A teoria que explica a herança dos chifres foi inicialmente introduzida por Bateson e Saunders (1902) sendo uma das primeiras características em animais, e a primeira em bovinos, identificada como de herança mendeliana. Estudos subsequentes relataram essa característica como de herança autossômica dominante (Dove, 1935; Spillman, 1905; White e Ibsen, 1936).

Heterogeneidade genética foi identificada entre raças bovinas, associando o caráter mocho a diferentes variantes do ácido desoxirribonucleico (DNA), denominadas mutações céltica, frísia, mongólica e guarani (Tabela 1) (Medugorac et al., 2012; Medugorac et al., 2017; Grobler et al., 2018; Utsunomiya et al., 2019), cada uma consistindo em uma inserção-deleção complexa de tamanho variável. No entanto, essas mutações não estão diretamente envolvidas na codificação de genes, embora potenciais efeitos causais tenham sido relatados. Um exemplo é a introgressão do alelo céltico por meio de edição gênica em embriões bovinos, resultando no nascimento de animais mochos saudáveis e fenotipicamente normais (Carlson et al., 2016). Supõe-se que essas mutações possam estar envolvidas na regulação e nos processos de tradução gênica por mecanismos não convencionais, conforme sugerido pela presença de sequências antissenso causadas por inserções semelhantes, que podem interferir na função normal de genes associados ao crescimento dos chifres (Allais-Bonnet et al., 2013; Wiedemar e Drögemüller, 2015). No entanto, sua associação com o caráter mocho representa uma oportunidade para a seleção genética de animais visando à produção de bovinos naturalmente mochos (Windig et al., 2015).

Durante muito tempo, a maioria dos estudos sobre a base genética da ausência de chifres em bovinos foi conduzida principalmente em animais de raças taurinas (*Bos taurus taurus*) (Rothammer et al., 2014; Wiedemar et al., 2014; Wiener et al., 2015). O gene responsável pela ausência de chifres foi inicialmente localizado próximo à região centromérica do cromossomo 1 bovino (BTA1), utilizando marcadores microssatélites (Georges et al., 1993). A teoria amplamente aceita sobre a herança dos chifres propõe a existência de três loci, cada um com dois alelos que controlam o desenvolvimento do fenótipo: 1) o locus Polled, com o alelo dominante P (mocho, sem chifres) sobre o alelo p (chifres); 2) o locus Scurs, com os alelos Sc (desenvolvimento de calo/batoque) e sc (ausência de calo/batoque); 3) o locus do chifre africano, com os alelos Ha (chifres) e ha (mocho) (Stafuzza et al., 2018).

Tabela 1. Linha do tempo da caracterização dos locus POLLED e SCURS em bovinos.

Referência	Descrição do achado
George et al., 1993	Locus POLLED mapeado no BTA1
Schmutz et al., 1995	Locus POLLED mapeado no BTA1 em Charolês
Brenneman et al., 1996	Mapa de ligação no cruzamento Bos taurus x Bos indicus
Harlitzkus et al., 1997	Locus POLLED mapeado no BTA1 em Simmental e Pinzgauer
Asai et al., 2004	Locus SCURS mapeado no BTA19
Drögemüller et al., 2005	Locus POLLED mapeado no intervalo 1,31 MB no BTA1
Capitan et al., 2009	Locus SCURS estudado em Charolês não pode ser mapeado no BTA19; Padrão de herança diferente para SCURS
Capitan et al., 2011	Mutação TWIST associada ao tipo II de SCURS
Seichter et al., 2012	Intervalo locus POLLED reduzido para 381kb na região centromérica do BTA1
Medugorac et al., 2012	Identificação das mutações Céltica e Frísia do locus POLLED
Allais-Bonnet et al., 2013	Confirmação das mutações Céltica e Frísia do locus POLLED. Estudo sobre ontogênese dos chifres.
Tetens et al., 2015	GWAS do locus SCURS em bovinos Simmental mochos
Medugorac et al., 2017	Identificação da variante Mongoliana do locus POLLED
Utsonomiya et al., 2019	Identificação da variante Guarani do locus POLLED

Fonte: Adaptado de Grobler et al. (2021).

Apesar da apresentação de padrões e localizações cromossômicas para a herança dos chifres em várias raças (Drögemüller et al., 2005; Georges et al., 1993), foi demonstrado que esses modelos falham em explicar completamente a variação fenotípica em todas as raças, especialmente nas zebuínas (Rosa et al., 2020). As possíveis razões incluem: heterogeneidade alélica, evidenciada por várias mutações causais identificadas; origem híbrida da maioria das raças; mutações causais localizadas fora de regiões codificadoras de proteínas; e compreensão limitada dessa região cromossômica e do desenvolvimento dos chifres, dificultando a completa elucidação de sua herança, expressão fenotípica e o desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico adequadas para todas as raças bovinas (Medugorac et al., 2017; Prayaga et al., 2007; Utsunomiya et al., 2019).

Outro fator que contribui para a dificuldade em compreender completamente o padrão de herança dessa característica (Rosa et al., 2020) é a presença de estruturas como calo/batoque e botões de chifres, que são evidências adicionais dessa complexidade (Rosa et al., 1992), principalmente observadas em bovinos Nelore. O gene do calo/batoque, mapeado no cromossomo bovino 19 (BTA19), apresenta variação alélica, e sua expressão fenotípica é influenciada pelo sexo e pelo locus Polled (Asai et al., 2004; Capitan et al., 2009; Capitan et al., 2011; Tetens et al., 2015).

Pela primeira vez no Brasil, em 2018, foi investigada a identificação de potenciais genes candidatos e regiões genômicas associadas à expressão da característica mocha em bovinos Nelore. Stafuzza et al. (2018) relataram 37 genes em seu estudo, incluindo 28 genes codificadores de proteínas, oito RNAs não codificantes e um RNA de transferência. Além disso, os mesmos autores identificaram o locus Polled em três localizações no BTA1, explicando 65,54% da variação dessa característica em bovinos Nelore. Concluiu-se, portanto, que múltiplos genes influenciam a expressão dessa característica, caracterizando-a como poligênica em bovinos *Bos indicus*.

Dentre outras raças zebuínas, poucos estudos investigaram o caráter mocho na raça Brahman (Mariasegaram et al., 2010; Mariasegaram et al., 2012). As regiões genômicas e os genes potencialmente

envolvidos na expressão desse fenótipo nessa raça ainda precisam ser melhor compreendidos, e não se sabe se são semelhantes aos encontrados na raça Nelore. Além disso, há carência de estudos sobre a expressão dessa característica nas raças mochas Gir e Tabapuã.

Predição genômica para desenvolvimento de chifre na raça Nelore

Temp et al. (2024) realizaram um estudo de grande relevância no Brasil, investigando o impacto da classificação do fenótipo do desenvolvimento de chifres, do sexo dos animais e dos marcadores de polimorfismo de nucleotídeo único (SNP) não autossômicos na predição do desenvolvimento de chifres na raça Nelore. O estudo utilizou 12 modelos com a metodologia BLUP (melhor preditor linear não viesado) genômico de etapa única e analisou 19.136 registros fenotípicos da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). O fenótipo foi avaliado utilizando diferentes categorias de classificação, entre presença de chifre (Figura 8), calo/batoque (Figura 9) e caráter mocho (Figura 10), variando de duas categorias (presença e ausência de chifres) a quatro categorias (mocho, calo/batoque, mochos filhos de pai com chifre e chifres).

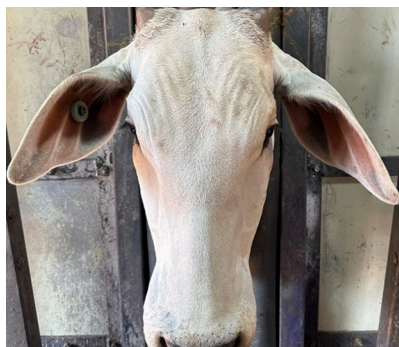


Foto: Letícia Pereira

Figura 8. Categoria de animal com chifre na raça Nelore.

Fotos: Letícia Pereira



Figura 9. Categoria de animal com calo/batoque na raça Nelore.

Foto: Letícia Pereira

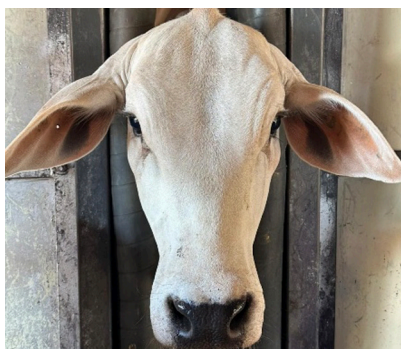


Figura 10. Categoria de animal mocho na raça Nelore.

Segundo os autores, os indivíduos mochos, filhos de pai ou mãe com chifre, foram classificados de acordo com seu próprio fenótipo e o de seus pais. Além disso, provavelmente esses indivíduos são heterozigotos, carregando alelos capazes de causar a presença de calo/batoque ou chifres. O calo/batoque consiste em protuberâncias de formação semelhante à dos chifres, localizadas na região do corno, porém não aderidas ao crânio.

As estimativas de herdabilidade variaram de 0,44 a 0,84, sendo o maior valor observado no modelo de duas categorias, embora isso possa ter sido influenciado pelo mascaramento de fenótipos

verdadeiros, levando a viés genético e à variação fenotípica. Os autores concluíram que o uso de três ou quatro categorias forneceu uma estimativa mais precisa, ao classificar os animais de forma mais acurada. A maior acurácia (0,80) foi alcançada com o modelo de quatro categorias, ao se incorporar o efeito do sexo no grupo contemporâneo (GC) e os SNPs não autossômicos. Esses achados estão alinhados com Johnston et al. (2011), que relataram que a herança paterna dos chifres pode ser dominante em machos e recessiva em fêmeas. Além disso, a distribuição dos fenótipos demonstrou que calo/batoque é mais comum em machos (60%) do que em fêmeas (10%), apoiando a ideia de que o desenvolvimento de chifres é dependente do sexo (Gehrke et al., 2020).

As predições genômicas precisam estar correlacionadas ao fenótipo para uma seleção bem-sucedida, e os resultados obtidos por Temp et al. (2024) demonstram que a expressão do fenótipo mocho é dependente do sexo, principalmente ao utilizar SNPs não autossômicos. Além disso, os autores observaram um aumento de 5,26% na acurácia de predição ao utilizar as quatro categorias, além de uma redução no viés e na dispersão, de 37% e 4,55%, respectivamente, em comparação aos modelos que consideraram apenas o efeito dos SNPs ligados ao sexo, sem o efeito do sexo. Com base em seus resultados, a descorna genética poderia ser amplamente adotada como um método de baixo custo e não invasivo para a produção de animais sem chifres, por meio da predição genômica, de estratégias de melhoramento seletivo e de direcionamento dos acasalamentos.

Apesar da complexidade das relações genótipo-fenótipo na ausência ou presença de chifres, a predição genômica possibilitou a identificação confiável de animais que provavelmente produzirão descendentes sem chifres. Com base nessa pesquisa inovadora, a empresa ANCP, que forneceu os dados para o estudo, gerou, com sucesso, a primeira Diferença Esperada de Progênie (DEP) que expressa a probabilidade, em porcentagem, de um animal transmitir a característica de mochação aos seus descendentes, para o caráter mocho na raça Nelore no Brasil. Atualmente, o banco de dados atualizado contém aproximadamente 26 mil fenótipos para esse traço.

Esse marco promete revolucionar o melhoramento do Nelore, oferecendo benefícios substanciais aos criadores, ao melhorar a eficiência e a eficácia na produção de gado sem chifres.

A interpretação dessa DEP pode ser exemplificada da seguinte forma, conforme o Manual de coleta de dados do fenótipo mocho, elaborado pela empresa ANCP: considerando os touros A, B e C, com DEPs para mochação de 100%, 73,70% e 42,64%, respectivamente, observa-se que o touro A possui uma probabilidade de mochação 26,3 pontos percentuais maior que o touro B e 57,36 pontos percentuais maior que o touro C. Da mesma forma, o touro B apresenta uma probabilidade de mochação 31,06 pontos percentuais superior à do touro C. É importante ressaltar que essas porcentagens não são medidas absolutas. As informações sobre a influência ou associação genética do caráter mocho com outras características de importância econômica, utilizadas como critérios de seleção, como peso à desmama e ao sobreano na raça Nelore, ainda são incipientes, não tendo sido relatadas na literatura. Essa lacuna reforça a importância de pesquisas voltadas à compreensão dos efeitos indiretos da seleção para o caráter mocho em programas de melhoramento genético.

Considerações finais

Utilizar informações genômicas para selecionar o caráter mocho oferece uma alternativa viável para o melhoramento de bovinos Nelore sem chifres. A classificação binária do desenvolvimento de chifres, como “com” ou “sem” chifres, simplifica excessivamente a base genética, que é mais complexa do que se pensava num passado recente. Assim, a classificação do fenótipo em quatro categorias possibilita obter uma estimativa mais robusta da variação genética, por meio de uma classificação fenotípica adequada dos animais.

Aplicar a seleção para descorna genética não é apenas um conceito teórico, mas uma solução prática, escalável e econômica. Ela

oferece um método não invasivo para aumentar a prevalência de animais mochos, por meio de estratégias de acasalamento baseadas na genômica. Essa abordagem, cientificamente fundamentada, tem o potencial de promover mudanças significativas e positivas na indústria pecuária. O uso de animais mochos está ganhando importância no cenário econômico global. A seleção para o gene mocho reduz práticas de manejo dolorosas e aumenta a produtividade e a qualidade da carcaça, pois os animais experimentam menos estresse e são mais fáceis de manejar. Além disso, a seleção de animais mochos está associada a um maior bem-estar animal e à segurança no trabalho para os produtores.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE TABAPUÃ. Disponível em: <https://www.tabapua.org.br/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE ZEBU. **Gir Mocho terá desconto no registro genealógico**. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/noticias/noticia/18587/gir-mocho-tera-desconto-no-registro-genealogico>. Acesso em: 20 dez. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE ZEBU. **Raças Zebuínas: Gir**. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/a-abcz/racas-zebuinas/raca/5/gir>. Acesso em: 19 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE ZEBU. **Raças Zebuínas: Nelore / Nelore Mocho**. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/a-abcz/racas-zebuinas/raca/8/nelore---nelore-mocho>. Acesso em: 20 dez. 2024.

ALDERSEY, J. E., SONSTEGARD, T. S., WILLIAMS, J. L., BOTTEMA, C. D. K. Understanding the effects of the bovine POLLED variants. **Animal Genetics**, v. 51, n. 2, p. 166-176, Mar. 2020. DOI: 10.1111/age.12915.

ALLAIS-BONNET, A.; GROHS, C.; MEDUGORAC, I.; KREBS, S.; DJARI, A.; GRAF, A.; FRITZ, S.; SEICHTER, D.; BAUR, A.; RUSS, I.; BOUET, S.; ROTHAMMER, S.; WAHLBERG, P.; ESQURRÉ, D.; HOZE, C.; BOUSSAHA, M.; WEISS, B.; THÉPOT, D.; FOUILLOUS, M.; ROSSIGNOL, M.; MARLE-KÖSTER, E.; HREIÐÓARSDÓTTIR, G. E.; BARBEY, S.; DOZIAS, D.; COBO, E.; REVERSÉ, P.; CATROS, O.; MARCHAND, J.; SOULAS, P.; ROY, P.; MARQUANT-LEGUIENNE, B.; BOURHIS, D.; CLÉMENT, L.; SALAS-CORTES, L.; VENOT, E.; PANNETIER, M.; PHOCAS, F.; KLOPP, C.; ROCHA, D.; FOUCHET, M.; JOURNAUX, L.; BERNARD-CAPEL, C.; PONSART, C. EGGEN, A.; BLUM, H.; GALLARD, Y.; BOICHARD, D.; PAILHOX, E.; CAPITAN, A. Novel insights into the bovine polled phenotype and horn ontogenesis in Bovidae. **Plos One**, v. 8, n. 5, p. e63512, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063512>

ALMEIDA, P. J. P.; DINIZ, M. D. M. S.; SOUZA, D. R.; PEREIRA, M. L. A.; PEDREIRA, M. S.; SILVA, F. F.; ALVES, E. M.; PEREIRA, T. C. J. Peso e rendimento de carcaça de zebuínos criados na região de semiárido no período da seca. **Pubvet**, v. 3, n. 26, 2009.

ASAI, M.; BERRYERE, T. G.; SCHMUTZ, S. M. The scurs locus in cattle maps to bovine chromosome 19. **Animal Genetics**, v. 35, n. 1, p. 34–39, Feb. 2004. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2003.01079.x.

AULD, R. C. Hornless ruminants. **The American Naturalist**, v. 21, n. 8, p. 730-746, Aug. 1887. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2450903>

BATES, A. J.; LAVEN, R. A.; CHAPPLE, F.; WEEKS, D. S. The effect of different combinations of local anesthesia, sedative and non-steroidal anti-inflammatory drugs on daily growth rates of dairy calves after disbudding. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 64, p. 282–287, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2016.1196626>

BATESON, W.; SAUNDERS, E. R. The facts of heredity in the light of Mendel's discovery. **Reports to the Evolution Committee of the Royal Society**, v. 1, p. 125-160, 1902. [Electronic Scholarly Publishing Project, © 2003]. Disponível em: <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/holdings/b/wb-02b.pdf>. Acesso em: 23 set. 2025.

BEILHARZ, R. G.; ZEEB, K. Social dominance in dairy cattle. **Applied Animal Ethology**, v. 8, n. 1/2, p.79–97, Jan. 1982. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(82\)90134-1](https://doi.org/10.1016/0304-3762(82)90134-1)

BOUISSOU, M. F. Influence of body weight and presence of horns on social rank in domestic cattle. **Animal Behaviour**, v. 20, n. 2, p. 474–477, Aug. 1972. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(72\)80011-3](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(72)80011-3).

CAPITAN, A.; GROHS, C.; GAUTIER, M.; EGGEN, A. The scurs inheritance: new insights from the French Charolais breed. **BMC Genetics**, v. 10, 33, July 2009. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-10-33>

CAPITAN, A.; GROHS, C.; WEISS, B.; ROSSIGNOL, M.; REVERSE, P.; EGGEN, A. Newly described bovine type 2 scurs syndrome segregates with a frame-shift mutation in TWIST1. **PLoS One**, v. 6, n. 7, p. e22242, 2011. DOI: [10.1371/journal.pone.0022242](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022242).

CARLSON, D. F.; LANCTO, C. A.; ZANG, B.; KIM, E. S.; WALTON, M.; OLDESCHULTE, D.; SEABURY, C.; SONSTEGARD, T. S.; FAHRENKRUG, S. C. Production of hornless dairy cattle from genome-edited cell lines. **Nature biotechnology**, v. 34, n. 5, p. 479–481, May 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt.3560>.

CLARK, B.; STEWART, G. B.; PANZONE, L. A.; KYRIAZAKIS, I.; FREWER, L. J. A Systematic review of public attitudes, perceptions and behaviours towards production diseases associated with farm animal welfare. **Journal of Agriculture and Environmental Ethics**, v. 29, p.455–478, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10806-016-9615-x>.

COLLINS, D. S.; HUEY, R. J. **Gracey's meat hygiene**. 11. ed. London: John Wiley, 2014. 352 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118649985.fmatter>

COSTA-e-SILVA, E. V. Comportamento e eficiência reprodutiva. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 2, p. 177-182, abr./jun. 2007.

DAVIS, E. B.; BRAKORA, K. A.; LEE, A. H. Evolution of ruminant headgear: a review. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, p. 2857–2865, Oct. 2011. DOI: [10.1098/rspb.2011.0938](https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0938)

DUIJVESTIJN, N.; BOLORMAA, S.; DAETWYLER, H. D.; VAN DER WERF, J. H. J. Genomic prediction of the polled and horned phenotypes in Merino sheep. **Genetics Selection Evolution**, v. 50, article number 58, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0398-6>

DOVE, W. F. The physiology of horn growth: a study of the morphogenesis, the interaction of tissues and the evolutionary processes of a Mendelian recessive character by means of transplantation of tissues. **Journal of Experimental Zoology**, v. 69, n. 3, p. 347–405, Jan. 1935. DOI: <https://doi.org/10.1002/jez.1400690302>

DROGEMULLER, C.; WÖHLKE, A.; MÖMKE, S.; DISTL, O. Fine mapping of the polled locus to a 1-Mb region on bovine chromosome 1q12. **Mammalian Genome**, v. 16, n. 8, p. 613–620, Aug. 2005. DOI: 10.1007/s00335-005-0016-0

ESTES, R. D. The significance of horns and other male secondary sexual characters in female bovinds. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 29, n. 1/4, p. 403–451, Feb. 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90264-X](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90264-X)

GEHRKE, L. J.; CAPITAN, A.; SCHEPER, C.; KÖNIG, S.; UPADHYAY, M.; HEIDRICH, K.; RUSS, I.; SEICHTER, D.; TETENS, J.; MEDUGORAC, I.; THALLER, G. Are scurs in heterozygous polled (Pp) cattle a complex quantitative trait? **Genetics Selection Evolution**, v. 52, n. 6, p. 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-020-0525-z>

GEORGES, M.; DRINKWATER, R.; KING, T.; MISHRA, A.; MOORE, S. S.; NIELSEN, D.; SARGEANT, L.S.; SORESENSEN, A.; STEELE, M. R.; XUYUN, Z.; WOMACK, J.E.; HETZEL, J. Microsatellite mapping of a gene affecting horn development in *Bos taurus*. **Nature Genetics**, v. 4, p. 206–210, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng0693-206>

GUIMARÃES, P. H. R.; FARIA, C. U. Caracterização da raça Nelore Mocho no Brasil: revisão bibliográfica. **PUBVET**, v. 4, n. 37, p. 142, Nov. 2010. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2445>

GOONEWARDENE, L. A.; HAND, D. R. Studies on dehorning steers in Alberta feedlots. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, n. 4, p. 1249–1251, Dec. 1991. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas91-147>

GROBLER, R.; VAN MARLE-KÖSTER, E.; VISSER, C. Challenges in selection and breeding of polled and scur phenotypes in beef cattle. **Livestock Science**, v. 247, p.104479, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104479>

GROBLER, R.; VISSER, C.; CAPITAN, A.; VAN MARLE-KÖSTER, E. Validation of the POLLED Celtic variant in South African Bonsmara and Drakensberger beef cattle breeds. **Livestock Science**, v. 217, p. 136-139, Nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.10.003>

HABEL, R.; BUDRAS, K. H. Skull with paranasal sinuses and horns. In: Klaus-Dieter BUDRAS, HABEL, R. E.; WÜNSCHE, A.; BUDA, S. **Bovine anatomy**. Hannover: Schlütersche, 2003, p. 34-35.

HOEFS, M. The thermoregulatory potential of Ovis horn cores. **Canadian Journal of Zoology**, v. 78, p. 1419–1426, Aug, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1139/z00-075>

HUERTAS, C. S. M.; GIL, A. D.; PIAGGIO, J. M.; VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. **Animal Welfare**, v. 19, n. 3, p. 281–285, Aug. 2010. DOI: 10.1017/S0962728600001664

JOHNSTON, S. E.; MCEWAN, J. C.; PICKERING, N. K.; KIJAS, J. W.; BERALDI, D.; PILKINGTON, J. G.; PEMBERTON, J. M.; SLATE, J. Genome-wide association mapping identifies the genetic basis of discrete and quantitative variation in sexual weaponry in a wild sheep population. **Molecular Ecology**, v. 20, p. 2555–2566, 2011. doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05076.x.

KETEL, C.; ASAI-COAKWELL, M. Heterozygosity of the Celtic polled locus in Canadian scurred beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 100, n. 3, p. 479-484, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0095>

KNIERIM, U.; IRRGANG, N.; ROTH, B. A. To be or not to be horned – Consequences in cattle. **Livestock Science**, v. 179, p. 29–37, Sept. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.014>.

KOUFARIOTIS, L.; HAYES, B. J.; KELLY, M.; BURNS, B. M.; LYONS, R.; STOTHARD, P.; CHAMBERLAIN, A.J.; MOORE, S. Sequencing the mosaic genome of Brahman cattle identifies historic and recent introgression including polled. **Scientific Reports**, v. 8, Article number 17761, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-35698-5

LANGE, H.; BREM, G.; UTZ, J.; GOTTSCHALK, A.; KARNBAUM, B.; KRÄUSSLICH, H. Untersuchungen über Hornlosigkeit beim Deutschen Fleckvieh. **Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch**, Heft v. 1, p. 15-67, 1990.

LAVEN, R. A.; HUXLEY, J. N.; WHAY, H. R.; STAFFORD, K. J. Results of a survey of attitudes of dairy veterinarians in New Zealand regarding painful procedures and conditions in cattle. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 57, n. 4, p. 215-220, 2009. DOI: 10.1080/00480169.2009.36904

LIMA, P.R.M.; PERIPOLLI, V.; JOSAHKIAN, L. A.; MCMANUS, C. M. Geographical distribution of zebu breeds and their relationship with environmental variables and the human development index. **Scientia Agricola**, v. 80, p. e20220008, 2023. DOI: 10.1590/1678-992X-2022-0008

LORTET, L. C. E., GAILLARD, C. La faune momifiée de l'ancienne Egypte. **Publications du musée des Confluences**, v. 8, n. 1, p. 1-205, 1905.

MARIASEGARAM, M.; REVERTER, A.; BARRIS, W.; LEHNERT, S. A.; DALRYMPLE, B.; PRAYAGA, K. Transcription profiling provides insights into gene pathways involved in horn and scurs development in cattle. **BMC Genomics**, v. 11, article number 370, 2010. DOI: 10.1186/1471-2164-11-370

MARIASEGARAM, M.; HARRISON, B. E.; BOLTON, J. A.; TIER, B.; HENSHALL, J. M.; BARENDSE, W.; PRAYAGA, K. C. Fine-mapping the POLL locus in Brahman cattle yields the diagnostic marker CSAFG29. **Animal Genetics**, v. 43, n. 6, p. 683–688, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2012.02336.x

MCCONNACHIE, E.; HÖTZEL, M. J.; ROBBINS, J. A.; SHRIVER, A.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Public attitudes towards genetically modified polled cattle. **PLOS One**, v.14, n. 5, e0216542, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216542>

MCMANUS, C.; HERMUCHE, P. M.; PAIVA, S. R.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; BLACKBURN, H. D. Gene bank collection strategies based upon geographic and environmental indicators for beef breeds in the United States of America. **Livestock Science**, v. 254, p. 104766, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104766>

MEDUGORAC, I.; SEICHETER, D.; GRAF, A.; RUSS, I.; BLUM, H.; GÖPEL, K. H.; ROTHAMMER, S.; FÖRSTER, M.; KREBS, S. Bovine polledness—an autosomal dominant trait with allelic heterogeneity. **PloS One**, v. 7, n. 6, p. e39477, 2012. DOI: [10.1371/journal.pone.0039477](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039477)

MEDUGORAC, I.; GRAF, A.; GROHS, C.; ROTHAMMER, S.; ZAGDSUREN, Y.; GLADYR, E.; ZINOVIEVA, N.; BARBIERI, J.; SEICHTER, D.; RUSS, I.; EGGEN, A.; HELLENTHAL, G.; BREM, G.; BLUM, H.; KREBS, S.; CAPITAN, A. Whole-genome analysis of introgressive hybridization and characterization of the bovine legacy of Mongolian yaks. **Nature Genetics**, v. 49, p. 470–475, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng.3775>

MEISCHKE, H. R. ; RAMSAY, W. R.; SHAW, F. D. The effect of horns on bruising in cattle. **Australian Veterinary Journal**, v. 50, n. 10, p. 432–434, Oct. 1974. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1974.tb06864.x>

MENDONÇA, F. S.; VAZ, R. Z.; LEAL, W. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; VAZ, M. B.; FARIAS, G. D. Genetic group and horns presence in bruises and economic losses in cattle carcasses. **Semina Ciência Agrária**, v. 37, n. 6, p. 4265–4274, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p4265>

MENKE, C.; WAIBLINGER, S.; FÖLSCH, D. W.; WIEPKEMA, P. R. Social behaviour and injuries of horned cows in loose housing systems. **Animal Welfare**, v. 8, n. 3, p. 243-258, 1999. DOI: [10.1017/S0962728600021734](https://doi.org/10.1017/S0962728600021734)

NARENDRANATH, M.; RAO, M. **Ongole**: compendium (1885-2016). [S.I.]: Ongole Cattle Improvement Society, [2019?]. p. 961.

OLIVEIRA, I. P. P.; MACIEL, S. V. S. A.; CARVALHO, C. V. D.; COSTA, R. B.; CAMARGO, G. M. F. de. Economic considerations of breeding for polledness versus disbudding in beef cattle. **Tropical Animal Health Production**, v. 55, n. 6, p. 363, Oct. 2023. DOI: [10.1007/s11250-023-03789-9](https://doi.org/10.1007/s11250-023-03789-9)

PARÉS-CASANOVA, P. M.; CABALLERO, M. Possible tendency of polled cattle towards larger ears. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 27, n. 3, p. 211-225, July/Sept. 2014. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902014000300008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 set. 2025.

PRAYAGA, K. C. Genetic options to replace dehorning in beef cattle – a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 58, n. 1, p. 1–8, Jan. 2007. DOI:10.1071/AR06044

PRICKETT, R. W.; NORWOOD, F. B.; LUSK, J. L. Consumer preferences for farm animal welfare: results from a telephone survey of US households. **Animal Welfare**, v. 19, n. 3, p.335–347, 2010. DOI:10.1017/S0962728600001731

RANDHAWA, I. A.; MCGOWAN, M. R.; PORTO-NETO, L. R.; HAYES, B. J.; LYONS, R. E. Comparison of genetic merit for weight and meat traits between the polled and horned cattle in multiple beef breeds. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 870, Mar. 2021a. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11030870>

RANDHAWA, I. A. S.; LYONS, R. E.; MCGOWAN, M. R. Effects of poll breeding on reproductive traits in beef cattle. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v. 24, p. 328-331, 2021b.

ROSA, A. N.; SILVA, L. O. C.; PORTO, J. C. A. **Raças mochas: história e genética**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1992. 64 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 50). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/324606/1/DOC50.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

ROSA, A. J. de M.; YOKOO, M. J. I.; ROSA, A. do N.; MAGNABOSCO, C. U.; SILVA, M. V. G. B.; TULLIO, R. R.; REGITANO, L. C. A. **Análise de Associação Genômica para o fenótipo mocho em bovinos da raça Nelore**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 369). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131616/1/Bolpd-369-web.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

ROSENBERGER, E.; ROBEIS, J. **Enthornt oder genetisch hornlos. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft**. Disponível em: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_45919.pdf. Acesso em: 20 dez. 2024.

ROTHAMMER, S.; CAPITAN, A.; MULLAART, E.; SEICHTER, D.; RUSS, I.; MEDUGORAC, I. The 80-kb DNA duplication on BTA1 is the only remaining candidate mutation for the polled phenotype of Friesian origin. **Genetics Selection Evolution**, v. 46, Article number 44, July 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9686-46-44>

SANTIAGO, A. A. O. **Nelore**: origem, etnografia produtividade seleção melhoramento genético. São Paulo: Criadores, 1983. 583 p.

SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, 1985. 744 p.

SANTIAGO, A. A. **Gado Nelore**: 100 anos de seleção. São Paulo: Criadores, 1987. 591 p.

SAMBRAUS, H. H. Rind. Sozialverhalten. In: SAMBRAUS, H. H.; BRUMMER, H. **Nutztierethologie**: d. Verhalten landwirtschaftl Nutztiere: e. angewandte Werhaltenskunde für d. Praxis. Berlin: Paul Parey, 1978. p. 49–72.

SCHAFBERG, R.; SWAWE, H. H. The history of breeding for polled cattle. **Livestock Science**, v. 179, n. 4, p. 54–70, 2015. DOI:10.1016/j.livsci.2015.05.017.

SHAW, F. D.; BAXTER, R. I.; RAMSAY, W. R. The contribution of horned cattle to carcass bruising. **Veterinary Record**, v. 98, n.13, p. 255–257, 1976. DOI: 10.1136/vr.98.13.255.

SIMON, R.; DRÖGEMÜLLER, C.; LÜHKEN, G. The Complex and Diverse Genetic Architecture of the Absence of Horns (Polledness) in Domestic Ruminants, including Goats and Sheep. **Genes**, v. 13, n. 5, 832, p. 1–16, 2022. DOI: 10.3390/genes13050832

SPILLMAN, W.J. Mendel's Law in Relation to Animal Breeding. **Journal of Heredity**, v. 1, n. 2, p. 171-177, 1905. DOI: 10.1093/jhered/os-1.2.171.

STAFUZZA, N. B.; SILVA, R. M. D. O. da; PERIPOLLI, E.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B.; MAGNABOSCO, C. U. D.; DI CROCE, F. A.; OSTERSTOCK, J. B.; MUNARI, D. P.; LOURENCO, D. A. L.; BALDI, F. Genome-wide association study provides insights into genes related with horn development in Nelore beef cattle. **PLoS One**, v. 13, n. 8, p. e0202978, Aug. 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0202978

TAYLOR, C. R. The vascularity and possible thermoregulatory function of the horns in goats. **Physiological Zoology**, v. 39, n. 2, p. 127–139, Apr. 1966. DOI: <https://doi.org/10.1086/physzool.39.2.30152426>

TETENS, J.; WIEDEMAR, N.; MENOUD, A.; THALLER, G.; DRÖGEMÜLLER, C. Association mapping of the scurs locus in polled Simmental cattle – evidence for genetic heterogeneity. **Animal Genetics**, v. 46, p. 224–225, Mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/age.12237>

TEMP, L. B.; BRUNES, L. C.; PEREIRA, L. S.; AMORIN, S. T.; MAGNABOSCO, C. U.; LOBO, R. B.; BRITO, O. C.; VIACAVA, R.; BALDI, F. Effect of genetic and sex effect on genomic prediction for horn development in Nellore cattle. **Livestock Science**, v. 284, 105478, Jun. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105478>

UTSUNOMIYA, Y. T.; TORRECILHA, R. B. P.; MILANESI, M.; PAULAN, S. C.; UTSUNOMIYA, A. T. H.; HORNLESS, J. F. G. Hornless Nellore cattle (*Bos indicus*) carrying a novel 110 kbp duplication variant of the polled locus. **Animal Genetics**, v. 50, n. 2, p. 187–188, Apr. 2019.

VAZ, F. N.; VAZ, R. Z.; PASCOAL, L. L.; PACHECO, P. P.; MIOTTO, F. R. C.; TEIXEIRA, N. P. Análise econômica, rendimentos de carcaça e dos cortes comerciais de vacas de descarte 5/8 Hereford 3/8 Nelore abatidas em diferentes graus de acabamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 3, p. 338–345, 2012. DOI: 10.5216/cab.v13i3.17572.

WIENER, D. J.; WIEDEMAR, N.; WELLE, M. M.; DRÖGEMÜLLER, C. Novel features of the prenatal horn bud development in cattle (*Bos taurus*). **PLoS One**, v. 10, n. 5, p. e0127691, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0127691

WIEDEMAR, N.; TETENS, J.; JAGANNATHAN, V.; MENOUD, A.; NEUENSCHWANDER, S.; BRUGGMANN, R.; THALLER, G.; DRÖGEMÜLLER, C. Independent Polled mutations leading to complex gene

expression differences in cattle. **PLoS ONE**, v. 9, p. 3, p. e93435, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0093435

WIEDEMAR, N.; DRÖGEMÜLLER, C. A 1.8-kb insertion in the 3'-UTR of RXFP2 is associated with polledness in sheep. **Animal genetics**, v. 46, n. 4, p. 457-461, 2015. DOI: 10.1111/age.12309

WINDIG, J. J.; HOVING-BOLINK, R. A.; VEERKAMP, R. F. Breeding for polledness in Holstein cattle. **Livestock science**, v. 179, p. 96-101, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.021>

WHITE, W. T.; IBSEN, H. L. Horn inheritance in Galloway-Holstein cattle crosses. **Journal of Genetics**, v. 32, p. 33-49, Feb. 1936. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02982500>

YOUNGERS, M. E.; THOMSON, D. U.; SCHWANDT, E. F.; SIMROTH, J. C.; BARTLE, S. J.; SIEMENS M. G.; REINHARDT, C. D. Prevalence of horns and bruising in feedlot cattle at slaughter. **Professional Animal Scientist**, v. 33, p. 135–9, 2017. DOI: 10.15232/pas.2016-01551

