



COMUNICADO
TÉCNICO

253

Teresina, PI
Outubro, 2019

Embrapa

Aspectos técnicos e científicos para a produção de bovinos compostos, tropicalmente adaptados, com o uso de recursos genéticos brasileiros

Geraldo Magela Côrtes Carvalho

Aspectos técnicos e científicos para a produção de bovinos compostos, tropicalmente adaptados, com o uso de recursos genéticos brasileiros¹

¹Geraldo Magela Côrtes Carvalho, zootecnista, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

Introdução

As raças bovinas brasileiras locais, também denominadas de nativas, naturalizadas ou crioulas, originaram-se de um longo processo de seleção natural a partir dos primeiros bovinos ibéricos aportados no País. Tais raças caracterizam-se pela rusticidade, adaptabilidade e resistência, aspectos fundamentais para sobreviverem nos ambientes com as particularidades edafoclimáticas em que se estabeleceram. Em razão disso, constituem um importante recurso genético para sistemas de produção sustentáveis de carne bovina nas diversas regiões do Brasil. Nas últimas décadas, forças de ordem econômica e social provocaram progressiva e importante redução do número e da área de distribuição geográfica de bovinos naturalizados, ameaçando sua existência e preservação e empo-

brecendo a diversidade genética da espécie no País (Egito et al., 2007).

Muitas raças, outrora economicamente importantes, são atualmente raras e, na maioria dos casos, encontram-se em perigo de extinção. A manutenção de tais raças, além de garantir a conservação de um patrimônio genético valioso, pode atender a demandas de mercados especializados.

Raças brasileiras localmente adaptadas

A diversidade ambiental existente no Brasil, com o decorrer de séculos, forjou animais e rebanhos que foram naturalmente selecionados em cada bioma.

Caracu: A raça Caracu é a única que hoje não corre perigo de extinção, com mais de 70 mil indivíduos no País. Desde 1976, o Instituto de Zootecnia (IZ) do estado de São Paulo, localizado em Sertãozinho, tem um programa de conservação e melhoramento genético que buscou exemplares no Paraná e em Minas Gerais para aumentar o efetivo populacional e evitar o desaparecimento da raça. O Mocho Nacional foi incorporado ao Caracu, o que aumentou a variabilidade genética e a opção de animais mochos e aspados disponíveis para o agronegócio (Mariante; Cavalcante, 2006). A Embrapa Gado de Corte possui um rebanho de conservação e melhoramento, com diversos animais inseridos e avaliados pelo Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte - GENEPLUS (Sumário..., 2017). Há sêmen e embriões disponíveis em todas as grandes centrais de biotecnologias do País.

Bem-adaptados às regiões do Cerrado, vêm sendo utilizados em cruzamentos terminais ou industriais em diversos sistemas de produção. Essa foi a primeira raça nacional reconhecida pelo Ministério da Agricul-

tura (MAPA) no ano de 1983. É considerada de dupla aptidão, ou seja, produz carne e leite (Lima et al., 1990). Em regime exclusivo de pasto, o peso médio das vacas varia de 550 kg a 650 kg. Os touros pesam ao redor de 1.000 kg, podendo chegar a 1.200 kg. A produção de leite, em rebanhos de seleção leiteira, está em torno de 2.100 kg por lactação (inclui novilhas de primeira cria) em regime de pasto com pequena suplementação (Lima et al., 1990). A β -caseína do tipo A1 está relacionada a processos alérgicos e intolerância alimentar, doenças coronarianas, entre outras, além de, não ser adequada ao processo de fabricação de queijos nobres. Lima e Lara (2015), apresentaram frequências genotípicas estimadas para o Caracu das variantes β -caseína A1A1, A1A2 e A2A2 de 0,08, 0,58 e 0,34, respectivamente, indicando a elevada frequência do gene A2 na raça Caracu.

Crioula Lageana: A raça Crioula Lageana foi formada nos planaltos e campos sulinos. A raça também é reconhecida pelo MAPA, de dupla aptidão (leite e corte). Apresenta variedades aspada e mocha, com animais de pelos longos ou tam-

bém curtos, produzindo animais mais adaptados ao frio ou ao calor, respectivamente. Já com diversos trabalhos de avaliações fenotípicas e moleculares, apresenta-se como opção para cruzamentos com taurinos e zebuínos em diversos ambientes do Brasil. A Crioula Lageana, quando comparada à raça comercial Nelore, apresentou características de carcaça, proporções de cortes, composição química e textura, que a indicam como uma candidata a oferecer um produto diferenciado, permitindo a consolidação da cadeia produtiva da carne dessa raça e, por consequência, promovendo a conservação desse importante recurso genético (Daltoé, 2010).

Curraleiro Pé-Duro: O Curraleiro Pé-Duro se formou pelo interior nordestino e por todo o Vale do Rio São Francisco até sua nascente em Minas Gerais, de onde se expandiu para o restante do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Possui aptidões para corte, leite e trabalho, com bom rendimento de carcaça e carne macia (Carvalho et al., 2012a). Apresenta bons resultados em cruzamentos

com zebuínos e taurinos (Carvalho et al., 2017). É adaptado a ambientes tórridos e hostis, com aguadas distantes e pastagens grosseiras, arbustivas e cactáceas (Carvalho 2015). As fêmeas são boas produtoras de leite e, embora os animais não sejam muito grandes, são utilizados com vantagem para corte e trabalho, prestando no sertão inestimáveis serviços (Athanasoff, 1957). Pela sua prolificidade e adaptabilidade, talvez tenha melhor relação custo/benefício para a região Nordeste do que outras raças comerciais. Cruzamentos envolvendo vacas Nelore e touros Curraleiro Pé-Duro mostraram elevados níveis de heterose no produto, com melhoria do peso ao abate, rendimento de carcaça e qualidade da carne (Carvalho et al., 2012, 2017). Trabalho realizado no Maranhão em pastagens artificiais de capim-mombaça a pleno sol e em sistema integrado com babaçu mostrou boa performance; e o mestiço F1, por atingir terminação e ponto de abate antes das raças parentais, produziu menos gases de efeito estufa proporcionalmente (Frota et al., 2017).

Indicação de dupla aptidão das raças locais

Por quase 500 anos de seleção natural, as raças brasileiras forneceram carne, leite e trabalho para as famílias que colonizaram o Brasil, até a introdução e absorção pelas raças zebuínas. Os genes que esses animais carregam, expressam dupla aptidão. Diversos trabalhos foram realizados quanto ao potencial da produção leiteira e da qualidade da carne das raças locais brasileiras (Anon, 1989; Daltoé, 2010; Carvalho et al., 2012, 2017; Silva, 2012; Pe-

reira, 2018). O mapeamento de QTL foi fundamental para a identificação de genes responsáveis por características de interesse em animais domésticos, entre eles o *diacylglycerol O-acetyltransferase* (DGAT1), que controla a composição e a produção de leite em bovinos (Silva et al., 2011). As raças locais brasileiras têm aptidão leiteira, sobressaindo a raça Caracu, provavelmente por ter programas de melhoramento há mais tempo (Figura 1). Todavia os animais produtos de cruzamentos para leite entre Caracu + Jérsi e Curraleiro Pé-Duro + Jérsi ainda estão em andamento na Fase 1.

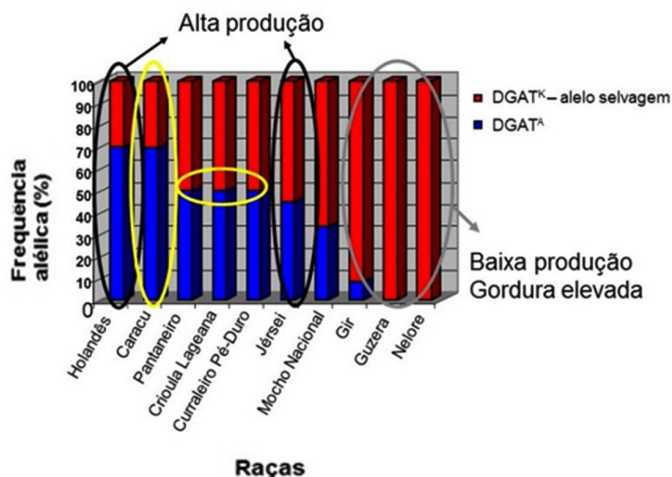


Figura 1. Frequência alélica do gene *DGAT1* em raças bovinas no Brasil.

Fonte: Adaptado de Egito (2007).

Distância genética entre raças para formação do Boi Tropical

Carvalho et al. (2013) e Carvalho (2015) avaliaram 19 raças bovinas, locais e exóticas, criadas no Brasil e nos Estados Unidos. As raças foram escolhidas por sua raridade ou por sua importância econômica. Das raças brasileiras analisadas, duas são locais de origem portuguesa, Curraleiro Pé-Duro e Caracu; e duas são zebuínas, Nelore e Gir. As amostras brasileiras foram coletadas em cartões FTA e enviadas para genotipagem nos Estados Unidos (ARS/USDA). Já entre as raças norte-americanas, foram analisadas as de origem espanhola, como Texas Longhorn, Crioulo do Novo México, Flórida Cracker e Piney Woods; as de origem francesa, Saler, Limousin, Charolês, Simental e Tarantase; as britânicas, Hereford, Angus Preto, Angus Vermelho, Shorthorn, Escocês de Montanha; e a da Ilha Chirikof no Alasca, os bovinos Chirikof. Amostras das raças norte-americanas foram obtidas diretamente de

criadores ou associações de criadores, como sêmen ou sangue. Ao receber amostras do sêmen ou do sangue, estes foram congelados até realização das genotipagens.-

Ao se quantificar a diversidade genética dentro e entre populações nas 19 raças bovinas investigadas, usando-se dados de frequências alélicas obtidas da análise de marcadores moleculares microssatélites, constatou-se que 25% da variação total foi entre raças e 75% dentro de raça.

Todos os 34 loci investigados se mostraram polimórficos, com um total de 438 alelos distintos nas 19 raças investigadas. O número de alelos por locus variou de 5 a 29, com média de 13, utilizando-se um painel de microssatélites recomendados pela FAO/ISAG para estudos de biodiversidade em bovinos (Hofmann, 2009). A raça Caracu apresentou a menor diversidade [heterozigosidade esperada (H_e) = 0,54], fato também observado por Egito et al. (2007), enquanto a raça Gir e o Crioulo do Novo México apresentaram a maior diversidade (H_e = 0,68). Já a distância entre as raças locais criadas no Brasil e as criadas nos

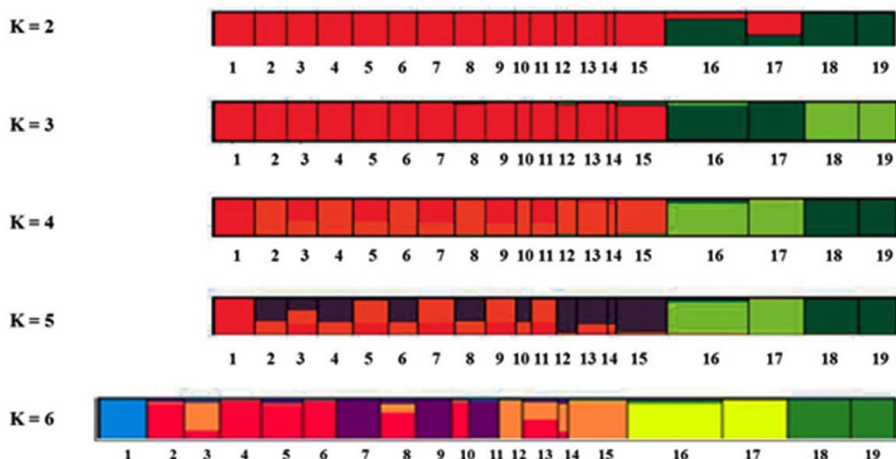
Estados Unidos se mostrou moderada, variando de 0,70 entre o Curraleiro Pé-Duro e o Caracu até 0,96 entre o Curraleiro Pé-Duro e o Texas Longhorn.

Como esperado, os zebuínos se mostraram próximos entre si ($F_{st} = 0,56$) e distantes das demais. De outro lado, as raças locais brasileiras se colocaram distintamente das outras raças taurinas norte-americanas. Os índices de consanguinidade (F_{is}) dos rebanhos brasileiros foram de 0,061, 0,065, 0,144 e 0,095, respectivamente, com o Curraleiro Pé-Duro, o Caracu, o Gir e o Nelore, resultados semelhantes aos de Egito et al. (2007) com as mesmas raças, em rebanhos distintos. Os grupos Angus Preto e Vermelho, Texas Longhorn e Crioulo do Novo México apresentaram as menores distâncias (F_{st}), de 0,33 e 0,37.

Analisando a estrutura das populações pelo método bayesiano STRUCTURE (Pritchard et al., 2000), pode-se assumir que o número verdadeiro de populações (K) em 19 populações analisadas é igual a 6. Assumindo o $K=2$, agrupam-se de um lado os bovinos norte-americanos e do outro os brasileiros, entre-

tanto o Caracu se posicionou de maneira intermediária entre o Curraleiro Pé-Duro mais próximo aos zebuínos. Segundo Primo (1992), as raças locais do Brasil apresentam genes zebuínos desde os seus primórdios, podendo-se afirmar também que as raças locais serviram de base para a formação das raças zebuínas no País. A evolução das raças, quando se assume que o número de *clusters* (K) é igual a 2, 3, 4, 5 e 6, é mostrada na Figura 2.

Os seis grupos ficaram assim definidos: os zebuínos Gir e Nelore formaram o primeiro grupo; em seguida, as raças locais Curraleiro Pé-Duro e Caracu; as britânicas Angus (Preto e Vermelho), Shorthorn, Hereford e Escocês de Montanha; a do Alasca, o Chirikof; as de origem francesa Saler, Simental, Tarantase, Limousin e Charolês; e as locais de origem espanhola Texas Longhorn, Crioulo do Novo México, Piney Woods e Flórida Cracker. Os grupos formados nos rebanhos norte-americanos conferem com os resultados de MacNeil et al. (2007), que analisaram a relação entre o gado Chirikof e outras raças nos Estados Unidos.



Em que: 1 = Chirikof; 2 = Simental; 3 = Escocês de Montanha; 4 = Saler; 5 = Hereford; 6 = Limousin; 7 = Angus Preto; 8 = Charolês; 9 = Angus Vermelho; 10 = Tarantase; 11 = Shorthorn; 12 = Texas Longhorn; 13 = Piney Woods; 14 = Flórida Cracker; 15 = Crioulo do Novo México; 16= Curraleiro **Pé-Duro**; 17 = Caracu; 18 = Gir; 19 = Nelore.

Figura 2. Estrutura racial quando o número de populações assumido (K) foi igual a 2, 3, 4, 5 e 6. O tamanho de cada segmento é definido pelo tamanho da amostra.

Fonte: Carvalho (2015).

No presente trabalho, a análise das estruturas moleculares das 19 populações mostrou a existência de apenas seis grupos genéticos assim constituídos:

Grupo 1: zebuínos Nelore e Gir;

Grupo 2: locais brasileiras Curraleiro Pé-Duro e Caracu;

Grupo 3: Alasca Chirikof;

Grupo 4: britânicas Shorthorn, Angus Preto e Vermelho, Escocês de Montanha e Hereford;

Grupo 5: locais norte-americanas Texas Longhorn, Crioulo do Novo México, Flórida Cracker e Piney Woods;

Grupo 6: francesas: Saler, Limousin, Charolês, Simental e Tarantase.

A análise dos componentes principais foi construída, incluindo-se todos os animais de todos os grupos e suas frequências alélicas, para resumir o relacionamento entre as 19 raças analisadas (Figura 3).

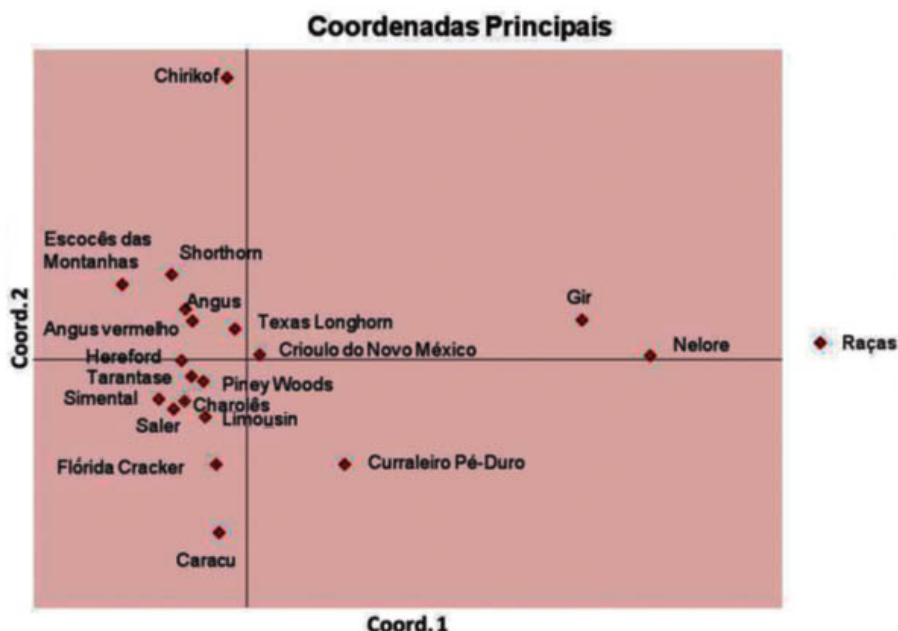


Figura 3. Análise correspondente da frequência alélica por meio de 34 marcadores microssatélites em 19 raças bovinas criadas no Brasil e nos Estados Unidos.

Fonte: Carvalho (2015).

No eixo 1, formaram-se quatro grupos: o Chirikof, as raças de origem britânica (Escocês de Montanha, Hereford, Angus Vermelho, Angus Preto e Shorthorn), as de origem ibérica (Texas Longhorn, Crioulo do Novo México, Flórida Cracker e Piney Woods) e as de origem francesa (Charolês, Saler, Limousin, Tarantase e Simental). No eixo 2, os zebuínos (Gir e Nelore) e as locais brasileiras (Caracu

e Curraleiro Pé-Duro) se isolaram em relação às demais raças norte-americanas. As raças bovinas, locais e exóticas, criadas no Brasil e nos Estados Unidos, agruparam-se segundo sua origem histórica e geográfica.

O gráfico de parentesco de distância genética (Nei, 1973) descreve a interpolação dos relacionamentos (Figura 4).

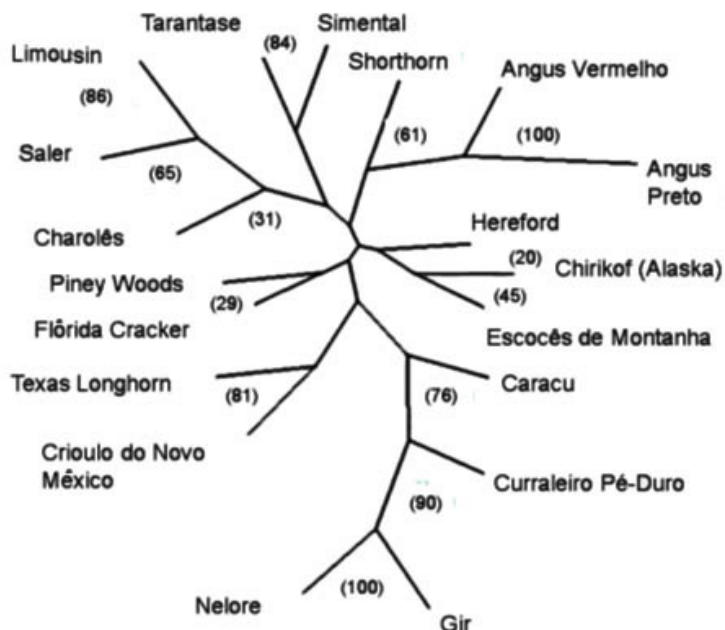


Figura 4. Árvore de parentesco, construída com base na distância genética de Nei, entre raças bovinas brasileiras e norte-americanas. Número entre parênteses representa a porcentagem de repetições em mil análises.

Fonte: Carvalho (2015).

O F_{st} é um índice que indica o relacionamento entre as raças; quanto menor, maior a proximidade (Nei, 1973). A Figura 5 apresenta os valores de F_{st} entre Curraleiro Pé-Duro e 18 raças comparadas aos pares.

Em que: CPD=Curraleiro Pé-duro; Chi=Chirikof; Sim=Simental; Esc=Escocês de Montanha; Sal=Saler; Her=Hereford; Lim=Limousin; AnP=Angus Preto; Cha=Charolês;

AnV=Angus Vermelho; Tar=Tarantase; Sho=Shorthorn; TXL=Texas Longhorn; PW=Piney Woods; FLC=Flórida Cracker; NM=Novo México; Car=Caracu; Gir=Gir; Nel=Nelore.

Quanto maior a distância genética entre os grupamentos, teoricamente há de esperar maiores índices de heterose em cruzamentos. Carvalho et al. (2017) apresentaram elevados índices de heterose em cruzamentos

entre Nelore e Curraleiro Pé-Duro no desenvolvimento ponderal e no rendimento de carcaça. Baseado na distância entre as populações, há de esperar bons resultados nos cruzamentos de Curraleiro Pé-Duro com Nelore, Escocês de Montanha, Chirikof, Simental, Shorthorn, Hereford

e Angus (Preto ou Vermelho). Os resultados mostram também distância moderada entre Curraleiro Pé-Duro e Saler, Limousin, Texas Longhorn e Flórida Cracker; e maior proximidade com Caracu, Crioulo do Novo México, Charolês e Piney Woods, respectivamente. *respectivamente.*

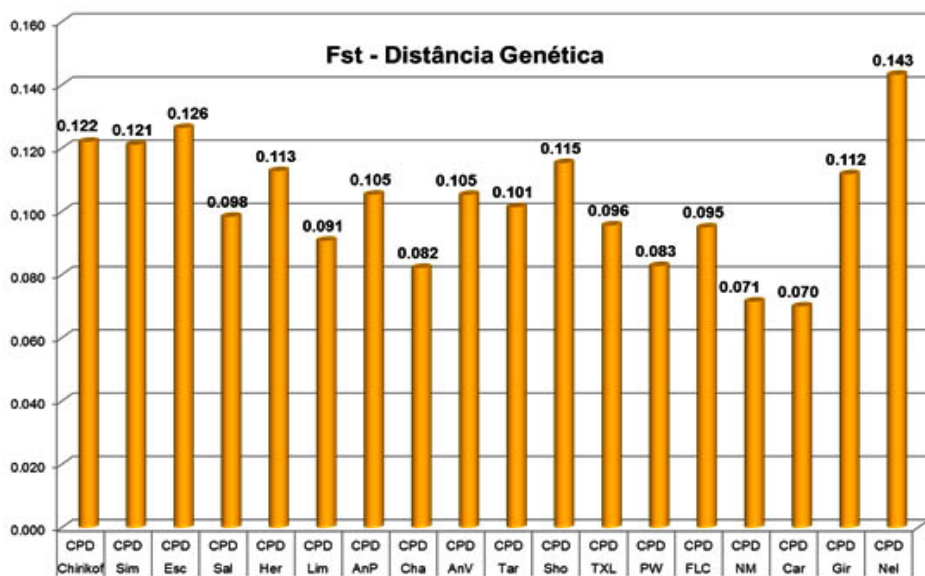


Figura 5. Distância genética entre o Curraleiro Pé-Duro e raças brasileiras e norte-americanas.

Fonte: Carvalho (2015).

Como era de esperar, o Curraleiro Pé-Duro se encontra mais próximo do Caracu (raça local brasileira) e das raças locais norte-americanas,

seguidas pelas raças de origem francesa. De outro lado, mostra-se mais distante dos zebuínos (Nelore e Gir), dos bovinos da Ilha Chirikof e, por

último, das raças de origem britânica. Três forças naturais atuam para ampliar a variabilidade genética observada: a mutação, a deriva genética e a migração. Como as mutações afetam as populações apenas após um longo período de tempo, pode-se assumir que a deriva genética contribui para a diversidade e a migração é uma força contrária para homogeneizar as raças. O isolamento de populações é consequência do uso local e do manejo da raça e reduz o tamanho efetivo do rebanho. O grau de diferenciação entre as raças estudadas indica baixo fluxo de genes entre as populações analisadas, o que indica isolamento reprodutivo. Também são óbvias a grande variação entre indivíduos (75%) e a pequena variação entre raças (25%), principalmente entre as norte-americanas. Assim concluímos que as raças taurinas brasileiras localmente adaptadas formaram um grupo tão distante de zebuínos quanto dos taurinos comerciais e essa distância seria um indicativo de que quanto maior, maiores os níveis de heterose no produto dos cruzamentos, o que tem-se confirmado na prática.

Indicação de cruzamentos entre raças para cada fim industrial (corte e leite), bem como as possíveis variações regionais entre raças

A inovação na presente solução tecnológica consiste em usar a distância genética entre raças zebuínas, taurinas comerciais e taurinas tropicalmente adaptadas. O componente pecuário sempre foi uma lacuna nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e em pastagens nativas de todo o Brasil. Em geral, são utilizados bovinos da região, sem raça definida, ou produtos de explorações leiteiras. Para solucionar esse gargalo, a Embrapa Meio-Norte vem desenvolvendo cruzamentos com o uso de raças taurinas brasileiras (Figura 6), raças taurinas e zebuínas comerciais, a fim de produzir carne e leite de maneira sustentável nos diversos ecossistemas do País.



Figura 6. Raças brasileiras são opções para produzir carne e leite de maneira sustentável. Caracu (A); Crioulo Lageano (B); Curraleiro Pé-Duro (C). Sêmen disponível nas melhores centrais de biotecnologia do Brasil.

A inovação tecnológica consiste em usar a grande distância genética entre os zebuínos (Nelore, Gir, Sindi, etc.) e os taurinos brasileiros tropicalmente adaptados (Caracu, Curraleiro Pé-Duro e Crioulo Lageano) para produzir uma matriz F1 adaptada para cruzar com taurinos comerciais na produção de um bovino 5/8 taurino. No cruzamento terminal, podem-se usar os taurinos comerciais com maior distância genética para se tirar maior proveito da heterose.

Animal adaptado aos trópicos e a pastagens nativas, com bom desempenho ponderal, elevado rendimento de carcaça e carne macia, com produção razoável de leite. A escolha de qual raça empregar em cada fase do processo depende das peculiaridades de cada propriedade e da escolha do pecuarista. A

Tabela 1 apresenta um esquema e opções de cruzamentos para a produção do Boi Tropical, para a produção de carne ou leite.

Na Fase I, cruzam-se vacas zebu, geralmente da raça Nelore, com touros de raças taurinas brasileiras. Os produtos obtidos na Fase I são avaliados quanto ao crescimento, resiliência a parasitas, adaptabilidade a temperaturas elevadas e docilidade. Os machos são encaminhados ao abate e avaliados quanto ao rendimento de carcaça e qualidade da carne; as melhores fêmeas, acima da média, devem ser selecionadas e encaminhadas à reprodução na Fase II. Nessa etapa do processo (Fase II), deve ser utilizado sêmen de Senepol, taurino comercial, também adaptado aos trópicos, para produzir a segunda geração (F_2 = fêmea F1 + $\frac{1}{2}$ Sene-

pol), para aproveitar a alta heterose obtida devido à grande distância genética entre as raças envolvidas. Na terceira etapa do processo (Fase III), as fêmeas F2 ($\frac{1}{4}$ Zebu + $\frac{1}{4}$ taurino brasileiro adaptado + $\frac{1}{2}$ taurino comercial adaptado, Senepol) são inseminadas com Angus Vermelho para produzir o F3, ou seja, o composto final para corte é constituído por 50% de Angus Vermelho + 25% de Senepol + 12,5% de Nelore + 12,5% de Curraleiro Pé-Duro. Esse cruzamento de animais compostos

tem como resultado o Boi Tropical Curraleiro (Figura 7).

Na Fase IV, quando se cruzam os produtos dos cruzamentos entre si para formação da raça Taurina Tropical, serão selecionados os animais com desempenho acima da média, comprovadamente portadores do *slick gene* pelo uso de marcadores genéticos já disponíveis no mercado, de adaptabilidade ao calor, oriundos dos taurinos brasileiros e do Senepol.

Tabela 1. Fases e opções para a produção do Boi Tropical.

	Vaca	Touro
Fase I	Zebu (Z)	Taurino Adaptado Brasileiro (TB)
Fase II	F_1 ($\frac{1}{2}$ Z + $\frac{1}{2}$ TB)	Taurino Comercial Adaptado (Senepol, Sen)
Fase III	F_2 ($\frac{1}{4}$ Z + $\frac{1}{4}$ TB + $\frac{1}{2}$ Sen)	Taurino Comercial Especializado (Angus, Ang)
Fase IV	F_3 ($\frac{1}{8}$ Z + $\frac{1}{8}$ TB + $\frac{1}{4}$ Sen + $\frac{1}{2}$ Angus)	F_3 ($\frac{1}{8}$ Z + $\frac{1}{8}$ TB + $\frac{1}{4}$ Sen + $\frac{1}{2}$ Angus)
Tropical	Tropical	Tropical

Em que: Zebu (Z) = Nelore, Sindī, Gir, etc.; Taurino Adaptado Brasileiro (TB) = Caracu, Crioulo Lageano, Curraleiro Pé-Duro; Taurino Comercial Adaptado aos trópicos = Senepol, Sen; Taurino Comercial Especializado = Angus Vermelho de pelo curto; e Tropical = 7/8 taurino.



Figura 7. Bezerro Tropical, ao desmame com 210 dias de vida, 210 kg de peso vivo, criado em pastagem nativa no Piauí (campo experimental da Embrapa Meio-Norte em Campo Maior, PI).

Qual raça escolher na construção do Boi Tropical

Primeiro se define o objetivo da exploração: é para leite, carne ou dupla aptidão? Depois a ambiência local ou ainda o gado disponível na propriedade, mesmo sendo sem raça definida ou mestiças produzidas por cruzamento industrial. Os zebuínos podem contribuir com boa habilidade materna e também com adaptabilidade a ambientes hostis. Na maioria dos casos, escolhem-se

fêmeas do grupamento zebu por ser a maioria do rebanho nacional. Para corte, usam-se vacas Nelore, que constituem cerca de 80% do rebanho brasileiro. Para regiões com maiores restrições ambientais, poderiam ser usadas vacas Sindi, bem-adaptadas e de dupla aptidão para carne e leite. Também se pode optar pelo Gir ou Guzerá. Pode-se usar apenas taurinos para leite como a Jêrsei, Holandesa ou composto Girolanda.

Como touro/sêmen no primeiro cruzamento, usa-se uma das raças locais brasileiras (Curraleiro Pé-Duro, Caracu ou Crioulo Lageano), que contribuem para o Boi Tropical com a sua docilidade, resiliência a parasitas, adaptação ao clima tropical, longevidade, melhor capacidade de utilizar pastagens nativas e de se deslocar para aguadas distantes, além de produzir carne macia, suculenta e saborosa. Escolher sempre animais com pelo curto e que também tenham o *slick gene* em sua constituição genética.

Na terceira cruza, sempre se usa o Senepol, em que são almejados os genes de adaptação ao calor (*slick*) e a boa carcaça. O *slick gene* é pro-

veniente do N'Dama africano e confere, aos produtos do cruzamento, adaptabilidade ao calor e o *redpool* heterose pela distância genética. No cruzamento terminal, usa-se um taurino comercial, que pode ser o Angus, de preferência vermelho e de pelos curtos, que contribui com precocidade, bom rendimento de carcaça, marmoreio e qualidade da carne. Assim cada propriedade pode escolher a raça que preferir, mais adaptada à sua região e em conformidade com o objetivo da atividade pecuária, desde que se respeite a distância genética nos cru-

zamentos, conforme especificado anteriormente.

Os produtos resultantes dos cruzamentos estão sendo avaliados desde 2008, já tendo sido abatidos e avaliados mais de mil animais quanto ao desempenho ponderal, rendimento de carcaça, qualidade da carne, qualidade do couro, resistência e resiliência a parasitas e ambiente, sempre em comparação ao Nelore e ao Curraleiro Pé-Duro. A Tabela 2 mostra resultados de abate de lotes distintos [F1, F2, e Nelore (Revista SBZ - no prelo)].

Tabela 2. Rendimento de carcaças (Kg) de distintos grupos genéticos abatidos aos 28 meses de idade, criados em pastagens nativas do Cerrado maranhense com adição de sal mineralizado e proteinado.

Grupo	Genótipo	N	Peso (kg)
F1	½ Nel + ½CPD	7	238
F2 Tricross 1	¼ CPD + ¼ Nel + ½ Angus	7	323
F2 Tricross 2	¼ CPD + ¼ Nel + ½ Senepol	7	331
Curraleiro Pé-Duro	CPD	7	186
Nelore	Nel	7	238

Estratégias de rastreabilidade e certificação dos cruzamentos e do Boi Tropical

Afinal, como determinar o Boi Tropical?

Inicialmente serão cruzamentos industriais, em que todos os machos e as fêmeas abaixo da média no desempenho ponderal serão encaminhados ao abate. As fêmeas remanescentes serão, por sua vez, encaminhadas à reprodução na fase seguinte e inseminadas com Senepol.

Na segunda geração ou F2, procede-se da mesma maneira que na fase anterior (machos para o abate e fêmeas abaixo da média também). As fêmeas selecionadas acima da média são encaminhadas à fase final ou F3, quando serão inseminadas com um taurino comercial britânico. Procede-se novamente à seleção, excluindo-se animais com desempenho abaixo da média e visivelmente “peludos”. Os melhores tourinhos (F3 ou *tricross*) serão então usados nas melhores fêmeas (F3 *tricross*), produzindo-se finalmente o Tropical,

que com o decorrer das avaliações se torna-se-á uma raça adaptada aos diversos ambientes do Brasil com vistas à sustentabilidade da atividade. A consanguinidade será evitada com a troca de reprodutores entre os criadores.

O pêlo liso (SLICK) em bovinos é uma característica predominantemente hereditária, tipicamente associada a bovinos tropicamente adaptados que são descendentes de bovinos Crioulos introduzidos no Novo Mundo pelos colnizadores ibéricos. A característica é de interesse em regiões tropicais e em relação às mudanças climáticas, devido à sua associação com a melhor tolerância térmica e subsequente aumento da produtividade. Estudos anteriores localizaram o locus SLICK em uma região de 4 cM no cromossomo (BTA) 20 e identificaram assinaturas de seleção nessa região derivadas de bovinos Senepol (Huson et al., 2014).

Exames moleculares (marcador genético) já disponíveis e de baixo custo serão aplicados individualmente e apenas quem possui *slick gene* será considerado TROPICAL para fins de registros e comercialização com a utilização da marca “tropical Embrapa”. O gene *slick* pode ter uma pequena alteração que determi-

na maior capacidade de tolerar altas temperaturas ambientais sem redução da produtividade. Portanto é imprescindível que o Boi Tropical tenha em seu DNA as duas cópias do gene *slick* que contém essa pequena alteração, de tal forma que seja muito resistente ao calor e transmita essa característica a 100% dos seus descendentes.

No plano de negócios, serão repassados, via contratos, detalhes de quem poderá usar a marca e a possibilidade de rastreabilidade e certificação da carne. Também será repassados, tal atividade para frigoríficos, laticínios e certificadoras, que comercializarão produtos considerados “premium”, pagando os devidos royalties à Embrapa, detentora da marca “TROPICOW” (Figura 8).



Figura 8. Marca registrada no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), que será usada pelos parceiros conveniados.

Há sêmen disponível de Caracu, Crioulo Lageano e Curraleiro Pé-Duro provenientes de touros certificados pelo MAPA.

Considerações finais

Em cruzamentos industriais, as diferenças na eficiência entre as raças envolvidas irão influenciar a proporção de raças comerciais e zebuínas versus ou adicionadas às raças locais. Enquanto algumas características das raças tropicais talvez se tornem interessantes, as mudanças climáticas poderão terminar em uma reavaliação do valor das raças taurinas locais, não apenas se as mudanças climáticas ultrapassarem a capacidade produtiva das raças comerciais que estão em uso hoje, mas também o requerimento de uso em regiões tropicais para produção de carne a partir de recursos genéticos mais bem-adaptados para melhorar os sistemas locais de produção.

Cruzamentos estratégicos com raças mais bem-adaptadas poderão ocorrer. Todavia a produção em diferentes modelos ou situa-

ções implica a disponibilidade de espécies ou raças diferentes. Em qualquer situação, espera-se que apenas as raças bem-caracterizadas serão usadas em cruzamentos específicos ou inserção de genes para elevar a adaptação ao calor em raças mais produtivas.

Referências

- ATHANASSOF, N. **Manual do criador de bovinos**: a fazenda de criar raças e tipos, alimentação, criação, engorda, produção de leite, trabalho, higiene e moléstias. 6. ed. rev. ampl. São Paulo: Melhoramentos, 1957. 818 p. (Biblioteca Agrônômica Melhoramentos, 1).
- CARVALHO, G. M. C. **Curraleiro Pé-Duro**: germoplasma estratégico do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 286 p.
- CARVALHO, G. M. C.; FROTA, M. N. L. da; LIMA NETO, A. F.; AZEVEDO, D. M. M. R.; ARAUJO NETO, R. B. de; ARAUJO, A. M. de; PEREIRA, E. S.; CARNEIRO, M. S. de S. Live weight, carcass, and meat evaluation of Nelore, Curraleiro Pé-Duro, and their crossbred products in Piauí State. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 5, p. 393-399, 2017.
- CARVALHO, G. M. C.; LIMA NETO, A. F.; AZEVEDO, D. M. M. R.; NASCIMENTO, H. T. S. do; MARIANTE, A. da S.; PAIVA, S. R.; BLACKBURN, H. D. Estrutura genética de raças bovinas locais e exóticas criadas no Brasil e nos Estados Unidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 4 p. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, G. M. C.; SILVA, L. R. F. da; ALMEIDA, M. J. O.; LIMA NETO, A. F.; BEFFA, L. M. Avaliações fenotípicas da raça bovina curraleiro pé-duro do semiárido do Brasil. **Arquivos de Zootecnia**, v. 62, n. 237, p. 9-20, 2013.
- DALTOÉ, M. L. M. **Caracterização da carne da raça bovina Crioula Lageana**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- EGITO, A. A. do. **Diversidade genética, ancestralidade individual e miscigenação nas raças bovinas no Brasil com base em microsatélites e haplótipos de DNA mitocondrial**: subsídios para a conservação. 2007. 232 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- EGITO, A. A.; PAIVA, S. R.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; MARIANTE, A. S.; ALMEIDA, L. D.; CASTRO, S. R.; GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite based genetic diversity and relationships among creole and commercial cattle breeds raised in Brazil. **BMC Genetics**, v. 8, article number 83, Dec. 2007. DOI: 10.1186/1471-2156-8-83.
- FROTA, M. N. L. da; CARNEIRO, M. S. de C.; PEREIRA, E. S.; BERNDT, A.; FRIGHETTO, R. T. S.; SAKAMOTO, L. S.; MOREIRA FILHO, M. A.; CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; CARVALHO, G. M. C. Enteric methane in grazing beef cattle under full sun, and in a silvopastoral system in the Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 11, p. 1099-1108, nov. 2017.
- HOFFMANN, I. **Climate change and characterization, breeding and conservation of animal genetic resources**. Rome: FAO, 2009. 40 p.

- HUSON, H. J.; KIM, E. S.; GODFREY, R. W.; OLSON, T. A.; MCCLURE, M. C.; CHASE, C. C.; RIZZI, R.; O'BRIEN, A. M. P.; VAN TASSELL, C. P.; GARCIA, J. F.; SONSTEGARD, T. S. Genome-wide association study and ancestral origins of the slick-hair coat in tropically adapted cattle. **Frontiers in Genetics**, v. 5, article 101, Apr. 2014. Doi: 10.3389/fgen.2014.00101.
- LIMA, A. C. J.; LARA, M. A. C. Polimorfismo do gene β -caseína em bovinos. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, v. 6, p. 280-285, 2015.
- LIMA, M. L. P.; BONILHA NETO, L. M.; FIGUEIREDO, L. A. de; RAZOOK, A. G. O gado Caracu (parte do projeto IZ 14 - 006/76). **Revista dos Criadores**, ano 60, n. 729, p. 28-30, out. 1990.
- MACNEIL, M. D.; CRONIN, M. A.; BLACKBURN, H. D.; RICHARDS, C. M.; LOCKWOOD, D. R.; ALEXANDER, L. J. Genetic relationships between feral cattle from Chirikof Island, Alaska and other breeds. **Animal Genetics**, v. 38, n.3, p. 193-197, 2007.
- MARIANTE, A. da S.; CAVALCANTE, N. **Ani-mais do descobrimento: raças domésticas da história do Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 274 p.
- NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 70, n. 12, p. 3321-3323, Dec. 1973.
- PEREIRA, T. C. **Identificação dos alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseína na raça Crioula Lageana**. 2018. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PRIMO, A. T. El ganado bovino Iberico en Las Americas: 500 anos despues. **Archivos de Zootecnia**, v. 41, n. 154, p. 421-432, 1992.
- PRITCHARD, J. K.; STEPHANS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics**, v. 155, n. 2, p. 945-959, June 2000.
- SILVA, M. L. P. da. **Desempenho, características de carcaça e da qualidade da carne de bovinos de corte terminados em confinamento**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SILVA, S. C. C.; VESCO, A. P.; LUIZZETI, F.; GASPARINO, E.; BAGATOLI, A.; MARQUES, L. A.; VOLTOLINI, D. S. M.; OLIVERIA, D. P.; SOUZA, K. R. S. Frequência alélica e genotípica do gene *DGAT1* em uma população de bovinos de leite. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1343-1346, 2011.
- SUMÁRIO nacional de touros da raça Caracu: programa de melhoramento da raça Caracu, edição 2017. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Palmas, PR: ABCC, 2017. Disponível em: <http://genepplus.cnp-gc.embrapa.br/sumarios/caracu/index.php>. Acesso em: 28 ago. 2019.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos
Aires, Caixa Postal 01
CEP 64008-780, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte
Sistema de atendimento ao Cliente(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição (2019): formato digital



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Secretário-Executivo

Jeudys Araújo de Oliveira

Membros

Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana

Pereira dos Santos Fernandes, Lígia Maria

Rolim Bandeira, Humberto Umbelino de Sousa,

Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Antônio de

Pádua Soeiro Machado, Alexandre Kemenes,

Ana Lúcia Horta Barreto, Braz Henrique Nunes

Rodrigues, Francisco José de Seixas Santos,

João Avelar Magalhães, Rosa Maria Cardoso

Mota de Alcantara,

Supervisão editorial

Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto

Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica

Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)

Diagramação

Jorimá Marques Ferreira

Fotos

Geraldo Magela Cortês Carvalho

CGPE 15520