



Melhoramento genético animal

Melhoramento genético animal

Marco Aurélio Desimoni Dias

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Cristiane Lisandra Danna

Danielly Nunes Andrade Noé

Emanuel Santana

Grasiele Aparecida Lourenço

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Paulo Heraldo Costa do Valle

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Priscila Perez Domingos

Editorial

Adilson Braga Fontes

André Augusto de Andrade Ramos

Cristiane Lisandra Danna

Diogo Ribeiro Garcia

Emanuel Santana

Erick Silva Griep

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Dias, Marco Aurélio Desimoni
D541m Melhoria genética animal / Marco Aurélio Desimoni
Dias. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A.,
2017.
176 p.

ISBN 978-85-522-0152-6

1. Animais – Melhoria genética. I. Título.

CDD 636.082

2017

Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

| | |
|--|------------|
| Unidade 1 Introdução ao estudo do melhoramento genético | 7 |
| Seção 1.1 - Introdução ao melhoramento genético | 8 |
| Seção 1.2 - Introdução às bases do melhoramento genético animal | 18 |
| Seção 1.3 - Bases do melhoramento genético animal | 32 |
| Unidade 2 Ferramentas para o melhoramento genético | 47 |
| Seção 2.1 - Ferramentas para o melhoramento genético | 50 |
| Seção 2.2 - Seleção | 62 |
| Seção 2.3 - Métodos de acasalamentos | 74 |
| Unidade 3 Melhoramento genético em bovinos | 91 |
| Seção 3.1 - Seleção de raças em bovinos | 92 |
| Seção 3.2 - Raças | 104 |
| Seção 3.3 - Resultados do melhoramento genético | 119 |
| Unidade 4 Melhoramento genético em outras espécies | 133 |
| Seção 4.1 - Caprinos e ovinos | 134 |
| Seção 4.2 - Suínos e aves | 148 |
| Seção 4.3 - Equinos e peixes | 162 |

Palavras do autor

Este livro foi estruturado com o objetivo de aproximar os estudantes do curso de Medicina Veterinária e demais leitores das ferramentas do melhoramento genético animal pautadas nas práticas de seleção e acasalamento, desde fazendas elites até fazendas de produção.

O crescimento da pecuária nacional fez do pecuarista um empresário que busca informações cada vez mais detalhadas sobre seus rebanhos. Assim, conhecer e ter o domínio dos conceitos e das técnicas utilizadas no melhoramento genético animal passa a ser fundamental para aumentar a produtividade em cada sistema de produção implementado.

Esta obra foi dividida em quatro unidades de ensino: na primeira unidade, conheceremos a história do melhoramento genético e os objetivos a serem alcançados em programas de melhoramento genético em espécies de produção econômica; enfatizaremos, na segunda unidade, a escrituração zootécnica e as ferramentas para o melhoramento genético ser efetivo; um conceito mais específico passará a ser abordado por espécies na terceira unidade, com as principais raças e características utilizadas na produção de bovinos de leite e corte; por último, na quarta unidade, estudaremos outras espécies, com foco em produção animal, destacando as principais raças e características utilizadas.

Ao final deste curso, o aluno será capaz de compreender que as populações animais estão em constante processo de modificação e, a partir de então, identificar de forma acurada qual é o "melhor animal" para determinado sistema de produção.

Introdução ao estudo do melhoramento genético

Convite ao estudo

Nesta unidade, teremos uma visão da genética clássica e da base teórica do melhoramento genético animal, as quais serão importantes para entender melhor as unidades posteriores deste curso.

Trabalhar o melhoramento genético dos animais é compreender e aplicar o Dogma Central da Biologia de forma eficiente. Não muito distante, o progresso genético dependia da habilidade de criadores que reconheciam o melhor animal ou grupos de animais apenas pelo visual em determinada situação, para que, assim, seus filhos expressassem um desempenho superior em relação aos seus contemporâneos. Na atualidade, o melhoramento genético passou pelo surgimento de técnicas e softwares implementados em máquinas robustas com grande capacidade de armazenagem de dados, favorecendo a escolha de reprodutores e matrizes a serem mantidos e utilizados no plantel não apenas por um dado em específico, mas por uma trama de dados que antes não era possível de ser elucidada.

Outro grande trunfo vem da implementação das biotecnologias reprodutivas e moleculares, maximizando a compreensão e atuação dos genes a serem selecionados.

Assim, convidamos você para uma leitura entusiasmada em busca dos dois principais questionamentos no melhoramento genético animal: qual é o melhor animal? Como é possível melhorar geneticamente populações de animais?

Seção 1.1

Introdução ao melhoramento genético

Diálogo aberto

A Fazenda Leite Bom, de propriedade de João, localizada no município de Londrina - Paraná, conta com um plantel de vacas da raça Holandesa, tendo como premissa produzir um leite de qualidade. O leite produzido é vendido para o laticínio Aurora, que remunera seus fornecedores por qualidade, e tem como gerente de recursos humanos do laticínio sua filha Paola. Pablo, 17 anos, não teve o mesmo contato de sua mãe Paola com a fazenda de seu avô João e, mesmo assim, sempre que questionado sobre o que iria fazer quando crescer, respondia: "Produtor de leite igual ao vovô João". João, um pecuarista preocupado com a formação e evolução de seu rebanho, sempre inova com a utilização de novos touros provados nas centrais de reprodução, e convida seu neto Pablo para passar as férias do meio do ano na fazenda para estudar o último catálogo lançado, para realizar a estação de monta e iniciar na atividade leiteira, além de ver se essa é a profissão que gostaria de seguir.

Pablo tem como desafio auxiliar seu avô a escolher os novos touros para acasalar com suas vacas, com a intenção de ser melhor remunerado pelos parâmetros de qualidade do leite e ver se assumirá a produção de leite como profissão. No entanto, ele não entende como os touros podem fazer seu avô ganhar mais dinheiro. Para ajudar Pablo a solucionar esse problema, você saberia explicar a diferença entre fazendas elite, multiplicadora e de produção? Poderiam existir outros objetivos a serem seguidos por João?

Não pode faltar

Ao iniciarmos uma atividade de produção animal, logo pensamos em dois questionamentos, os quais são incessantemente debatidos entre produtores e profissionais que trabalham diretamente com o

processo de melhoramento (os chamados “melhoristas”): “Qual é o melhor animal?” e “Como melhorar geneticamente populações de animais?”.

Na verdade, as respostas não são tão fáceis e podem não ser imediatas. Além disso, as respostas envolvem princípios de genética, matemática e das suas tecnologias.

O objetivo do melhoramento genético animal, de um modo geral, é aumentar a produção e/ou qualidade do produto produzido por unidade de tempo de uma forma sustentável.

Um passo importante na história foi a descoberta do “segredo da vida”:

(...) comecei a trabalhar cedo no laboratório (...) no dia 28 de fevereiro de 1953. Tinha bons motivos para levantar cedo. Sabia que estávamos perto – embora não imaginasse o quanto – de decifrar uma molécula quase desconhecida chamada ácido desoxirribonucleico (DNA). Mas essa não era uma molécula qualquer. Como Crick e eu estávamos cientes, contém a chave da natureza das coisas vivas armazenando as informações hereditárias (...) e orquestrando o mundo complexo da célula (...) (WATSON; CRICK, 1953. Disponível em: <<https://www.genome.gov/edkit/pdfs/1953.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2017).



Desde o início dos tempos, o homem utilizava os animais tanto para consumo (carne, leite, ovos, couro) quanto para explorá-los (trabalho, desporto, companhia). Esse processo decorreu de forma empírica durante milênios, provocando alterações profundas na fisiologia e conseqüente distinção morfológica nas diferentes espécies domesticadas. Conforme a citação anterior, foi somente em 28 de fevereiro de 1953 que a molécula do ácido desoxirribonucleico (DNA) foi descoberta, a qual é capaz de transmitir as informações de características do pai para o filho.

No entanto, como observado ao longo da história, a descoberta do DNA não inviabilizou, no passado, olhos treinados a identificar diferenças peculiares entre indivíduos (plantas e/ou animais) e estabelecer padrões de herança entre eles. Para conservar as informações, os árabes mantinham, de forma verbal, a genealogia de

seus cavalos, mesmo sem saber que estavam selecionando “alelos” presentes no “DNA” para melhor desempenho de seus animais.

Gregor Mendel e Charles Darwin foram os pioneiros a descreverem os princípios científicos da genética em meados do século XIX. Nesse século, deu-se uma corrida pelo desbravamento das bases genéticas e matemáticas da herança das características com Thomas Morgan, Francis Galton, Karl Pearson, Ronald Fisher, Sewall Wright e Jay Lush, cada um dando sua contribuição no alicerce científico do atual melhoramento genético animal.



Refleta

A Genética de populações estuda as consequências estatísticas do Mendelismo em grupos de indivíduos ou famílias, isto é, ela estuda os fenômenos hereditários a nível populacional. Ainda pode ser entendida como o estudo dos processos que afetam a distribuição dos genótipos entre indivíduos de uma população através do tempo e do espaço.

Nesse ramo da genética, a população pode ser praticamente imortal (muitas gerações) e extremamente dinâmica (com relação ao tamanho, à distribuição geográfica e à estrutura genética) enquanto o indivíduo é limitado pelo tempo (uma única geração) e possui constituição genética fixa (ausência de variabilidade genética).

Nesse contexto, você teria em mente quem é mais importante em um programa de melhoramento genético animal: população ou indivíduo?



Exemplificando

Um exemplo evolucionário data da segunda metade do século XVIII, período em que a molécula de desoxirribonucleico era desconhecida. O criador inglês Robert Bakewell, com suas habilidades e princípios de seleção, passou a sistematizar características entre seus animais (bovinos Longhorn e ovinos Leicester) e em eventuais compras de animais da redondeza. A partir de então, iniciou trabalhos de acasalamentos preferenciais, registros genealógicos, utilização de endogamia (para fixação de características favoráveis) e aluguel de reprodutores (atual teste de progênie). Com o passar do tempo, obteve seguidores, sendo conhecido como o fundador do melhoramento animal moderno.

Refletindo sobre o questionamento “Qual é o melhor animal?”, o termo “melhor” é muito relativo. Um animal com desempenho superior em determinado ambiente dificilmente será o “melhor” em todos os ambientes. Quando descrevemos um animal, frequentemente o caracterizamos em termos de aparência, desempenho ou a combinação de ambos. Em qualquer situação, falamos sobre características.

A característica de um animal é algo observável ou mensurável. Alguns exemplos observáveis, aqueles que normalmente utilizamos para descrever um animal, são: presença ou ausência de chifres, pelagem, pernas, musculatura e composição de úbere. Alguns exemplos mensuráveis, os quais descrevem o desempenho dos animais: consumo alimentar residual, produção de leite, ganho de peso, taxa de crescimento etc. Observe que, em nenhum momento, foram individualizados o animal e suas classes fenotípicas. Há, provavelmente, muitas opiniões a respeito das características consideradas chaves para os melhoristas e, para boa parte deles, elas são subjetivas.

Em melhoramento genético animal, a principal preocupação é com as mudanças genéticas nas populações de animais. Do ponto de vista genético, então, não se deseja saber somente o fenótipo mais favorável, mas também o genótipo desejável. Isso porque o genótipo do animal dá suporte ao fenótipo do animal e é o material genético que é passado dos pais para os filhos. Sumarizando a equação:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação} (\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$$

Em qualquer característica avaliada, os genótipos dos descendentes dos animais serão aqueles que serão modificados com os métodos de melhoramento. Mudanças nas frequências de alelos favoráveis nos genótipos resultarão em melhores fenótipos.

Para conseguirmos responder “Qual é o melhor animal?”, teremos de definir quais características são mais importantes e qual genótipo propicia o fenótipo com maior desempenho. A maioria dos melhoristas com alguma experiência tem uma opinião sobre as características-chave e sobre os melhores genótipos. Essa experiência é baseada em ambientes nos quais os animais são criados. Fato que nos revela, mais uma vez, o porquê de o progresso genético, mesmo sem o conhecimento da molécula de

DNA descrita por Watson e Crick. Isso significa que a importância das características dependerá das condições ambientais (físicas) nas quais os animais serão mantidos, o manejo do sistema de produção, bem como os fatores econômicos envolvidos.

Pensando dessa forma, fica mais claro que um número de componentes do sistema interage uns com os outros. De forma similar, o melhor genótipo depende de conhecer o meio ambiente, o manejo e os componentes econômicos e, dessa forma, entender como esses fatores interagem com o genótipo para afetar a lucratividade do sistema de produção.

É necessário o conhecimento da função do animal e das interações entre o genótipo e outros componentes do sistema de produção para desenvolver objetivos claros em programas de melhoramento. Sabendo-se, por exemplo, que temperatura é muito importante em climas tropicais, os objetivos de melhoramento para as características enfatizadas nos trópicos serão número e comprimento de pelos, temperatura corporal etc. Em regiões temperadas, por outro lado, menor ênfase é dada a essas características e maior ênfase é dada a outras.



Pesquise mais

Pereira (2008), no Capítulo 1, páginas 1 a 4, destacou mudanças fenotípicas obtidas em bovinos de leite e em suínos em função dos objetivos do melhoramento genético animal. Ele também realizou comparações entre os índices de produtividade dos rebanhos do Brasil e dos países desenvolvidos. Assim, você encontrará, nessa leitura, exemplos de fatores determinantes para identificar qual é o melhor animal em função do sistema de produção implementado.

Ainda no processo de definir o melhor animal, podemos perguntar: "Melhor para quem?". A resposta para essa questão depende da função do animal, da estrutura da população e do papel do melhorista dentro dessa estrutura.

Muitas populações podem ter uma estrutura piramidal. Um número relativamente pequeno de criadores no ápice da pirâmide (criadores que fazem melhoramento intenso), vendendo animais melhorados para criadores multiplicadores, os quais vendem animais para os criadores comerciais.



A estrutura piramidal sugere um fluxo de material genético (alelos) na forma de animais vivos, sêmen ou embriões a partir do ápice da pirâmide, considerado como criadores "elite" ou núcleo, passando pelos replicadores ou multiplicadores de material genético, chegando aos criadores comerciais, os quais se beneficiam do melhoramento genético ocorrido nos níveis anteriores.

O ideal é que os criadores de cada nível tentem produzir animais que atendam à demanda dos níveis seguintes, levando-se em conta que o principal objetivo é que o melhor animal é aquele que é mais útil e rentável para os criadores comerciais, os quais estão diretamente em contato com o consumidor final.

Embora a base da cadeia produtiva não sejam os criadores comerciais, que é um papel da agroindústria de produtos animais (laticínios, abatedouros etc.), esses criadores são considerados o fim dessa cadeia devido às suas necessidades particulares refletirem diretamente as exigências de toda a cadeia produtiva. Os criadores comerciais necessitam de animais que sejam física e reprodutivamente eficientes, saudáveis e com bom desempenho produtivo no ambiente em que são criados, necessitando também de animais que possuam características desejáveis exigidas pelo mercado consumidor.

A importância dessas últimas características deve ser pensada, pois refletirá no preço pago pelo consumidor à produção animal. O interesse dos consumidores no sistema de produção tem aumentado cada vez mais, o que fez uma alternância nas características avaliadas com relação à saúde e ao bem-estar animal nos objetivos de melhoramento genético em detrimento das características primárias de produção (exemplo, quantidade de leite, tamanho da leitegada, taxa de crescimento).

Para criadores de espécies de animais para recreação (equinos, cães e gatos), a estrutura da população é diferente dos animais criados para produção comercial. A estrutura piramidal e o comércio especializado de tipos de animais existem, mas os extratos (divisões) comerciais são, usualmente, menos claros, e os consumidores finais podem não ser os criadores.

Considere, por exemplo, equinos. Os consumidores de equinos são os indivíduos que possuem tanto animais usados nos hipódromos, com alto valor comercial, como animais de estatura pequena ou miniatura, que são mantidos como animais de estimação. Entre os criadores de equinos, há criadores de animais elite e multiplicadores, mas o termo produtor comercial não se emprega aqui, pois alguns produtos, como carne, leite ou couro, não são produzidos aqui.

Na próxima seção, trataremos da segunda questão a ser elucidada pelos melhoristas: "Como melhorar geneticamente populações de animais?".

Sem medo de errar

Para ajudar Pablo a compreender como os touros podem fazer com que seu avô ganhe mais dinheiro, temos de lembrar a ele que toda característica é expressa por genes e que eles estão presentes na molécula de DNA. Como os bovinos são espécies diploides, metade de seus genes é originada da mãe (vaca) e a outra metade do pai (touro). E mesmo que os touros não tenham a capacidade de expressar o fenótipo "leite", eles carregam alelos que podem ser favoráveis ou desvantajosos ao incremento das características. Ou seja, no caso de produção de leite, a expressão fenótipo ser derivado do genótipo mais meio ambiente mais a interação entre genótipo e meio ambiente também é validada, mesmo sem produzir o produto final. Para avaliar o quanto esse touro pode acrescentar na média da população em volume e em sólidos do leite, é necessário extrapolar sua genética em função da produção fisiológica de sua mãe, irmãs e filhas aumentando em acurácia da mãe para filha. Hoje, temos à disposição a utilização de touros muito jovens provados a partir de provas genômicas, o que diminui o intervalo de geração e aumenta o ganho genético na próxima geração. Em animais de produção, temos uma estrutura de fluxo gênico com propriedades detentoras de genéticas, as chamadas fazendas elite ou núcleo, as quais vendem material genético para as fazendas multiplicadores, que possuem a função de ampliar os genes selecionados nas fazendas elites e, por fim, a fazenda de seu

avô João, usuário final da genética desenvolvida nas fazendas elite.

Não podemos deixar de mostrar a Pablo que, com o mercado cada dia mais competitivo, apenas produzir, mas sem sustentabilidade do sistema de produção, não é interessante. Outros objetivos a serem seguidos por seu avô João poderiam ser longevidade, saúde, estrutura, docilidade, entre outras, que fazem parte da cadeia produtiva da atividade leiteira e que estava obsoleta.

Avançando na prática

Estrutura populacional

Descrição da situação-problema

Eduardo é um agricultor e decide investir em criação de cavalos da raça Mangalarga Marchador. Para isso, pede auxílio ao seu tio Paulo, um dos maiores pecuaristas de corte na região do Mato Grosso. No entanto, nem Paulo e muito menos Eduardo sabem onde encontrar animais para comporem o plantel inicial. Diante disso, Paulo tenta buscar informações de material genético em sites de criadores elites e se surpreende com a quantidade de informações encontradas. Você saberia responder a Eduardo e Paulo qual é a diferença na estrutura da população de animais de produção e animais para recreação, como os equinos?

Resolução da situação-problema

Para esclarecer a dúvida de Eduardo e Paulo, temos de lembrar que o melhoramento genético animal é pautado em objetivos e, no caso em questão, a espécie escolhida para Eduardo criar foram os equinos, os quais possuem uma dinâmica distinta dos bovinos com relação aos objetivos finais de produção. Um serve para lazer ou trabalho, enquanto o outro para alimentação, principalmente. Quando envolve lazer, características qualitativas, como pelagem, podem ser mais significativas do que características quantitativas, como ganho em peso. Alterando, assim, na espécie equina, o criador consumidor, que pode ser tanto criador multiplicador quanto criador elite, uma vez que o produto final é o próprio animal, definido por critérios muitas vezes subjetivos. Vale

ressaltar a Eduardo e Paulo que a estrutura piramidal e o comércio especializado de tipos de animais existem, apenas os extratos (divisões) comerciais são usualmente menos claros, e os consumidores finais podem não ser os criadores.

Faça valer a pena

1. Até o início de 1980, o Brasil foi considerado o detentor do maior rebanho mundial de Holandês Vermelho Branco (HVB), porém o efetivo foi decrescendo, ano após ano, por falta de disponibilidade de reprodutores HVB com provas genéticas comprovadas e, também, pela não aceitação das cobrições de vacas HVB por touros de pelagem Preto Branco (HPB). A abertura para uso de reprodutores HPB sobre vacas HVB somente aconteceu por volta de 1984, desde que o reprodutor fosse portador de gene recessivo para pelagem HVB.

Em uma amostra de 6.000 vacas da raça Holandesa, foram observados os seguintes números de indivíduos: 5.760 animais de pelagem preta e branca e 240 animais de pelagem vermelha e branca. Sabe-se que o Alelo V (dominante) é responsável pela pelagem preta e branca, e o alelo v (recessivo) pela pelagem vermelha e branca. A frequência do genótipo portador do alelo recessivo (heterozigoto) nessa população é:

- a) 0,20.
- b) 0,64.
- c) 0,80.
- d) 0,04.
- e) 0,32.

2. Segundo a Lei de Hardy-Weinberg: “numa população grande e sob sistema de acasalamento ao acaso, ambas as frequências alélica e genotípica permanecem constantes na ausência de fatores que alterem a frequência gênica, como: migração, mutação e seleção”.

Na determinação da cor da pelagem do gado Shorthorn estão envolvidos os genes S_1 e S_2 , sem dominância. Os indivíduos homozigóticos (S_1S_1) apresentam cor vermelha, os homozigóticos (S_2S_2) são brancos e os heterozigóticos (S_1S_2) são ruões. Em uma amostra de 100.000 bovinos dessa raça, observaram-se os seguintes números de indivíduos de cada genótipo: 53.290 S_1S_1 + 39.420 S_1S_2 + 7.290 S_2S_2 . Quais são as frequências dos alelos S_1 e S_2 ?

- a) 73% e 27%.
- b) 100% e 0%.
- c) 53,29% e 7,29%.
- d) 27% e 73%.
- e) 7,29% e 53,29%.

3. Johannes Gregor Mendel, filho de agricultores, nasceu na cidade de Brno, República Tcheca, em 22 de julho de 1822. Aos 35 anos, iniciou, em uma pequena área do convento, os seus trabalhos sobre hibridização com ervilha, os quais duraram cerca de 6 anos e contribuíram decisivamente para elucidar os princípios da transmissão das informações hereditárias (FREIRE, 1995).

Gregor Mendel, a partir de cruzamento entre linhagens de ervilha, conseguiu estabelecer padrões de herança das características e postulou a Lei da Segregação dos Fatores e a Lei da Segregação Independente. Entre as afirmativas a seguir, assinale a que está correta.

- a) A 1ª Lei de Mendel afirma que as características são determinadas por fatores e que há segregação aleatória dos fatores durante o processo de formação dos gametas, de modo que cada gameta carrega apenas um deles.
- b) A Lei da Segregação Independente afirma que a característica chamada recessiva só se manifesta caso ambos os fatores estejam ligados.
- c) A 2ª Lei de Mendel afirma que características são determinadas por fatores e que há segregação aleatória dos fatores durante o processo de formação dos gametas, de modo que cada gameta carrega apenas um deles.
- d) A Lei da Segregação dos Fatores afirma que uma característica é herdada independentemente de outra característica.
- e) A 1ª Lei de Mendel também é conhecida como diíbrido.

Seção 1.2

Introdução às bases do melhoramento genético animal

Diálogo aberto

Agora, Pablo está ciente de que as características dos animais são controladas por genes e que metade de seus genes são originados da mãe (vaca) e a outra metade do pai (touro). E mesmo que os touros não tenham a capacidade de expressar o fenótipo “leite”, eles carregam alelos em seu DNA que podem ser favoráveis ou desfavoráveis ao incremento das características relacionadas à produção de leite.

Com esse conhecimento prévio, Pablo segue confiante para a Fazenda Leite Bom com o intuito de inovar, realizando a troca de touros nascidos das vacas do rebanho de seu avô por touros de fazendas elite testados, provados e com sêmen disponível em centrais de reprodução.

Ao chegar à fazenda, Pablo corre ao escritório para iniciar seus trabalhos. No primeiro catálogo, depara-se com uma surpresa desagradável, a qual não sabe elucidar: cada touro apresenta uma lista enorme de características. Vamos auxiliar Pablo, definindo o que são características qualitativas e quantitativas importantes em animais de produção e como elas são avaliadas para serem selecionadas. Selecionar as características escolhidas por Pablo garante a transmissão para as bezerras de seu avô João?

Não pode faltar

Nesta seção, vamos nos aprofundar sobre a definição de tipos de características, com a finalidade de direcionar a identificação de indivíduos para responder ao questionamento “Qual é o melhor animal?”. Trataremos também da segunda questão a ser compreendida pelos profissionais que trabalham diretamente com o melhoramento genético animal, os chamados “melhoristas”, e

que se norteia pelo seguinte questionamento: "Como melhorar geneticamente populações de animais?".

Grupos de animais frequentemente são caracterizados em função do seu exterior e agrupados em uma "raça". Do ponto de vista genético, escolher um animal para criar significa escolher genótipos de animais ou genes a serem criados pelo seu fenótipo ou exterior e difundir-los em forma de comércio.

O termo "raça pura" é utilizado por criadores com o intuito de caracterizar fenotipicamente populações de animais. A partir de características do exterior dos animais, as associações de raça montam um modelo de animal ideal para a atividade que almeja trabalhar, o chamado "melhor tipo" ou "true type". Nesse conceito, o termo "raça" está diretamente ligado a características distintas observáveis entre subpopulações de animais e que mantém a capacidade de acasalar e gerar descendentes férteis. Já o termo "pura" corresponde ao conhecimento da genealogia do animal, não sendo sinônimo do termo genético "homozigose", cujos indivíduos apresentam alelos idênticos para o mesmo gene

Facilmente, podemos chegar à conclusão de que existem muitas características a serem trabalhadas no melhoramento genético animal e, para se alcançar êxito, devemos lembrar que o fenótipo é sumarizado pela equação:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação}(\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$$

A importância dessa equação se dá pelo entendimento dos fatores que deslocam a média fenotípica dos animais de produção. Como exemplo de características genotípicas, podemos citar:

- Em bovinos de leite: produtivos (produção de leite, teor de gordura e teor de proteína), conformação (capacidade corporal, pernas e pés, garupa, sistema mamário) e saúde (longevidade, susceptibilidade à mastite e facilidade de parto).
- Em bovinos de corte: reprodutivos (idade ao primeiro parto, intervalo entre partos e taxa de mortalidade), crescimento (peso à desmama, peso ao ano, eficiência alimentar, consumo alimentar residual) e carcaça (espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e rendimento da carcaça).

- Em ovinos: crescimento (peso ao nascimento e peso pós-desmame), reprodutivos (número de borregos nascidos, circunferência escrotal) e lã (peso do velo e diâmetro da fibra).

- Em suínos: reprodutivos (idade à puberdade, taxa de ovulação, mortalidade ao desmame, peso da ninhada ao nascimento, número de leitões desmamados), crescimento (ganho médio diário e dias até os 105 kg) e carcaça (área de lombo, comprimento de carcaça, percentagem de músculo).

Note que todos esses exemplos estão diretamente relacionados à parte genética do animal, o que influencia o fenótipo dele. Entretanto, sabemos que há correções para efeitos, que, reconhecidamente, vão afetar o desempenho dos animais, mascarando o seu fenótipo.

Esses efeitos são devidos às características fenotípicas e como interagem com o genótipo, afetando o desempenho do animal. O resultado dessa consequência é que o valor genético do animal pode estar "mascarado". Como exemplo de características genotípicas, podemos citar o sexo, grupo de contemporâneo (idade do animal, mês de nascimento), tipo de nascimento (simples ou múltiplo), número de lactações, tipo de ordenha (manual ou mecanizada), treinador, entre outros.

Portanto, para ter sucesso no melhoramento genético animal, todas essas características que afetam o desempenho fenotípico do animal devem ser levadas em consideração. O conhecimento do tipo de característica é de extrema importância, pois a avaliação vai depender de como os dados são aferidos.



Assimile

Na produção animal, temos dois tipos de características: as qualitativas e as quantitativas.

As características qualitativas são controladas por poucos genes e apresentam uma distribuição descontínua ou discreta. Os indivíduos são classificados em categorias definidas, mas não se pode ordená-las. Essas características são facilmente identificáveis, podendo, ocasionalmente, apresentar uma escala (por exemplo, tons de pelagem nos animais).

As características qualitativas são divididas em nominais ou ordinais.

- Qualitativos nominais: não existe ordenação entre as categorias. Exemplos: chifre/mocho, doente/sadio, sexo e cor.
- Qualitativos ordinais: existe uma ordenação entre as categorias. Exemplos típicos: pigmentação da lã, estágio da prenhez (início, meio, final) e número de lactações.

Sendo assim, as características qualitativas são mais fáceis de chegar ao sucesso em programas de melhoramento genético do que as características quantitativas.

As características quantitativas são controladas por muitos genes, mensuráveis, e apresentam uma distribuição contínua. Também são divididas em dois tipos: contínuas ou discretas.

- Quantitativa discreta: fazem parte dessa divisão características mensuráveis contáveis e somente fazem sentido valores inteiros. Geralmente, são o resultado de contagens. Exemplos: número de filhotes, número de células somáticas por litro de leite, número de oócitos por lavado uterino.
- Quantitativa contínua: características mensuráveis que assumem valores em uma escala contínua (na reta real), para as quais valores fracionais fazem sentido. Para se medir, faz-se necessário o uso de instrumentos. Exemplos: peso ao abate (balança), largura do corpo de tilápias (paquímetro) e circunferência escrotal (trena).

A maioria das características avaliadas em programas de melhoramento animal é quantitativa contínua. Para conseguir responder à segunda pergunta, temos de ter domínio de conceitos básicos de estatística, pois realizar o levantamento de dados da população inteira a ser trabalhada é inviável.

Para ter o conhecimento dos parâmetros populacionais, são realizadas amostragens e, a partir disso, os resultados são extrapolados como médias e variâncias (associados a efeitos aleatórios de um modelo estatístico).

Ao se tratar de características com variação contínua, quanto maior o tamanho amostral, maior a probabilidade de se encontrar

um indivíduo em particular. A variabilidade da característica é a peça fundamental para que se obtenha sucesso com o uso da seleção. Sem variação, todos os animais são iguais, e não se consegue chegar a lugar algum em melhoramento genético animal.

É claro que, quanto mais próximos os indivíduos, mais difícil será o trabalho para se identificar diferenças. Por exemplo, encontrar diferenças dentro de linhagens requer um número amostral muito maior do que encontrar diferenças entre raças.

O tipo zootécnico ideal será definido pelo conjunto de genes que possibilite uma melhor expressão em um determinado ambiente. Vale ressaltar que identificar indivíduos superiores faz parte de um processo complexo: a seleção.



Pesquise mais

Na videoaula *Evolução, Charles Darwin e Seleção Natural: Teoria da Evolução e Darwinismo*, você poderá encontrar exemplos da teoria de seleção natural proposta por Charles Darwin e compreender que as características estão em constantes modificações devido aos indivíduos diferirem no sucesso reprodutivo (diferença no número de descendentes ou na proporção que se reproduzem).

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kTjewD4LRiU>>.
Acesso em: 20 mar. 2017.

O conceito básico de seleção natural é que a seleção age sobre o fenótipo, sendo as características favoráveis mais comuns em gerações sucessivas do que as características desfavoráveis menos comuns.

Para manter a competitividade nos sistemas de produção animal, programas de melhoramento genético animal utilizam conceitos de seleção para alterarem as frequências alélicas de forma rápida e progressiva. Esse tipo de seleção é conhecido como seleção artificial e possui a finalidade de gerar e difundir animais geneticamente superiores para as características de interesse econômico.

O processo de seleção artificial se expressa pela escolha correta dos pais da próxima geração. O efeito genético aditivo, chamado de valor genético do animal, é a parte do genótipo que

a seleção procura mensurar e alterar. Valor genético é a parte do valor genotípico que pode ser transmitida para a progênie.

Na aplicação de seleção artificial, nem sempre o fenótipo mais favorável é o melhor (que gera mais retorno ao produtor/criador). Assim, selecionar animais de produção pode ser uma tarefa árdua, pois junto aos genes “bons”, objetivo de seleção, podem vir associados genes “ruins” ou deletérios para manutenção da vida do animal.

A seleção geralmente ocorre em mais de uma característica e ao mesmo tempo, por exemplo: pesos em diferentes idades, aspectos reprodutivos e características de adaptação. Modelos multivariados aproveitam as informações de parentesco e as correlações genéticas/fenotípicas entre as características para realizarem uma avaliação simultânea para as características.

Entre os fatores que podem alterar a frequência de genes na população e modificar as características fenotípicas está a migração. O fato de transportar alelos de uma população para outra altera a média e a variação da característica da população base, de modo que as frequências alélicas resultantes do processo de migração dependerão da diferença entre as frequências alélicas das populações iniciais e da proporção de imigrantes na nova população.

No processo de seleção, não podemos medir o valor genético do indivíduo diretamente sobre o fenótipo, então precisamos no mínimo saber com precisão quanto o fenótipo da característica representa o genótipo.

Para ter acesso a essa informação, usamos a herdabilidade (h^2) como indicador de precisão. Esse parâmetro genético define qual a porcentagem da variância fenotípica total devido à variância genética aditiva. Ou seja, expressa o grau de confiança do fenótipo como indicativo do genótipo ao definir a relação entre o fenótipo e o genótipo.

A herdabilidade pode ser entendida sob dois aspectos:

- No sentido amplo: é a relação entre a variância genotípica e a variância fenotípica.

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_y^2}$$

Em que:

H^2 é a herdabilidade no sentido amplo;

σ_G^2 é a variância genotípica;

σ_y^2 é a variância fenotípica.

- No sentido restrito: é a relação entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_y^2}$$

Em que:

h^2 é a herdabilidade no sentido restrito;

σ_a^2 é a variância genética aditiva;

σ_y^2 é a variância fenotípica.

A herdabilidade é menor em populações endogâmicas, varia de 0 a 1,0 e pode ser classificada em:

- h^2 baixa = 0,01 a 0,20 (ex.: características reprodutivas);

- h^2 média = 0,21 a 0,40 (ex.: características crescimento);

- h^2 alta = 0,41 a 1,0 (ex.: características rendimento, qualidade).

Como a estimativa da herdabilidade é baseada na variância fenotípica da população, ela só é válida para a população usada no cálculo. Para extrapolar esse parâmetro para outras populações, devemos ter conhecimento da estrutura genética, frequência alélica, nível de endogamia e precisão das medidas.



Refleta

O conceito de herdabilidade é inerente à população, no entanto, qual a diferença prática de se utilizar estimativas de herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito em programas de melhoramento genético animal?

Um parâmetro bastante utilizado em melhoramento genético animal é o da diferença esperada da progênie (DEP). A DEP diz respeito à superioridade média dos filhos de um determinado animal

em relação à média dos filhos de um grupo de animais de referência que participam da mesma avaliação, quando acasalados com indivíduos que tenham, em média, o mesmo potencial genético.

Associado à DEP temos o conceito de acurácia. O valor da acurácia depende da quantidade, da distribuição e do tipo de informação usado na avaliação. Deve ser usada como uma medida de risco, permitindo avaliar a intensidade de utilização de cada animal no rebanho.



Assimile

O valor genético estimado (VGE) pelo desempenho do indivíduo é dado por:

$$\hat{a}_i = b * (y_i - \mu)$$

Em que:

\hat{a}_i = valor genético estimado;

b = regressão do valor genético verdadeiro (VGV) sobre o fenótipo;

y_i = valor da característica avaliada no indivíduo i ;

μ = desempenho médio dos demais indivíduos.

Logo:

$$b = \frac{\text{Cov}(a_i, y)}{\text{Var}(y)}$$

$$b = \frac{\text{Cov}(a_i, a_i + e)}{\text{Var}(y)}$$

$$b = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_y^2}$$

$$b = h^2$$

Em que:

Cov(a, y) = covariância entre o valor genético estimado e o valor fenotípico da característica;

Var(y) = variância dos valores fenotípicos da característica.

A acurácia será dada por:

$$r_{a,y} = \frac{Cov(a,y)}{(\sigma_a * \sigma_y)} = h$$

Quando avaliamos a acurácia em dados com medidas repetidas do mesmo indivíduo, a equação é alterada para:

$$r_{a,y} = \frac{Cov(a,y)}{(\sigma_a * \sigma_y)} = \sqrt{\left[\frac{nh^2}{(1+(n-1)t)} \right]} = \sqrt{b}$$

Em que:

n = é o número de progênies avaliadas;

t = valor de repetibilidade da característica.



Exemplificando

Dado que o peso ao ano de uma novilha é de 320 kg em um rebanho com média de 250 kg. Estime a acurácia e o valor genético da novilha. Sabemos que $h^2=0,45$.

Da equação: $\hat{a}_i = b * (y_i - \mu)$

Tem-se o VGE:

$$\hat{a}_i = 0,45 * (320 - 250) = 31,50kg$$

Acurácia:

$$r_{a,y} = \sqrt{h^2} = \sqrt{0,45} = 0,67$$

Sem medo de errar

Com os catálogos em mão, Pablo se depara com uma lista enorme de características: produção de leite, estatura, força, forma leiteira, altura da garupa, perímetro torácico, comprimento corporal, comprimento de garupa, largura entre ísquios, largura entre íleos, ângulo de garupa, ângulo de casco, pernas (vista lateral), pernas (vista por trás), ligamento do úbere posterior, profundidade

do úbere, altura do úbere posterior, largura do úbere posterior, comprimento dos tetos, largura dos tetos, posicionamento dos tetos, facilidade de ordenha, temperamento, entre outras dezenas de características avaliadas.

Temos de dar ênfase ao objetivo de seu avô João em definir qual é o melhor animal para seu sistema de criação. Para isso, conjuntos de características são agrupados em equações matemáticas relacionando os principais focos. Como exemplo, ao analisar o Catálogo de Leite Importado 2017, da Alta Genética (disponível em: <<http://www.altagenetics.com.br/Uploads/Catalogs/9.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017), encontraremos as seguintes equações e explicações:

- **PRODUÇÃO:** esse selo comprova o foco principal na produção leiteira, assim como muita capacidade de transmissão de úbere e longevidade à sua progênie. Concluindo, os touros com selo "Produção" têm um enorme potencial de gerar filhas com grande competência para produção leiteira, e, em proporções menores, ainda podem trazer úberes bem sustentados e vacas que tenham períodos longos de vida produtiva.

- **SAÚDE:** touros ideais para aqueles que buscam, particularmente, características voltadas à permanência no rebanho, reprodução, saúde em geral etc. O touro com selo de "Saúde" tem enorme enfoque para produzir filhos que viverão períodos mais longos de vida produtiva, levando, conseqüentemente, a uma menor necessidade de reposição de rebanho, além de menos gastos com saúde e com problemas reprodutivos. Esse selo ainda poderá trazer melhoramento genético, mas não de uma maneira tão expressiva para sistema mamário, aprumos e leite.

- **CONFORMAÇÃO:** o touro com esse selo tem o objetivo principal de transmitir à sua progênie conformação funcional. É a opção perfeita para quem deseja aprimorar no rebanho, principalmente, características voltadas ao composto de úbere e a aprumos, e ainda aquelas voltadas à estrutura em geral. Somando a isso, em menores proporções, leite e longevidade.

Nessas listagens, temos de lembrar a Pablo que existem dois tipos de características, as qualitativas e as quantitativas, ambas importantes em animais de produção.

As características qualitativas são controladas por poucos genes, sendo mais fáceis de serem fixadas e facilmente identificáveis (por exemplo, tons de pelagem nos animais).

As características qualitativas são divididas em nominais ou ordinais.

- Qualitativos nominais: não existe ordenação entre as categorias. Exemplos: chifre/mocho, doente/sadio, sexo e cor.
- Qualitativos ordinais: existe uma ordenação entre as categorias. Exemplos típicos: estágio da prenhez (início, meio, final) e número de lactações.

Sendo assim, as características qualitativas são mais fáceis de chegar ao sucesso em programas de melhoramento genético do que as características quantitativas.

As características quantitativas são controladas por muitos genes, mensuráveis, e apresentam uma distribuição contínua. Também são divididas em dois tipos: contínuas ou discretas.

- Quantitativa discreta: fazem parte dessa divisão características mensuráveis contáveis, e somente fazem sentido valores inteiros. Geralmente, são o resultado de contagens. Exemplos: número de células somáticas por litro de leite, número de oócitos por lavado uterino.
- Quantitativa contínua: características mensuráveis que assumem valores em uma escala contínua (na reta real), para as quais valores fracionais fazem sentido. Para se medir, faz-se necessário o uso de instrumentos. Exemplos: peso ao nascimento (balança), largura de garupa (tipômetro), circunferência torácica (fita barimétrica).

Temos de destacar a Pablo que, mesmo escolhendo touros provados, não há garantia de aumento de produção das bezerras de seu avô João, pois ela é controlada por vários genes sob amostragem aleatória durante a formação dos gametas e interagindo de forma dinâmica com o meio ambiente. Porém, uma vez conhecida a dinâmica das características em animais de produção, escolher o touro a ser utilizado na fazenda de seu avô João passa a ser uma tarefa mais fácil e acurada.

Efeito do meio ambiente no valor genético dos animais

Descrição da situação-problema

O Jockey Club de São Paulo é a entidade que administra e detém a propriedade do Hipódromo de Cidade Jardim. Foi fundado em 14 de março de 1875, sob a denominação Club de Corridas Paulistano. Fabiana é uma assídua frequentadora do Jockey Club de São Paulo e, por ser apaixonada por cavalos e por velocidade, decide ser proprietária de um belo animal. Para ela ter sucesso na aquisição de um cavalo, você explicaria quais são os fatores que poderiam influenciar no desempenho dos animais?

Resolução da situação-problema

Para que Fabiana tenha sucesso na aquisição, temos de mencionar que o desempenho em pista dos animais é em função da sua genética, do ambiente em que disputam e da interação entre a genética e o meio ambiente.

Cavalos de corrida são altamente influenciados por características ambientais, como posição do gate de largada, tipo de pista (areia ou grama), peso do jockey, experiência do cavalo em competições e treinador do animal. Todas essas características interagem direta ou indiretamente no desempenho de seu futuro animal.

A equação que representa essa dinâmica é apresentada a seguir:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação}(\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$$

Uma vez que Fabiana passar a conhecer os efeitos de ambiente e sua interação sobre o genótipo, ela estará apta a escolher um animal com valor genético extremo com verdadeiro potencial para ser um vencedor dos grandes Derby.

Faça valer a pena

1. Características qualitativas são controladas por poucos genes e apresentam uma distribuição descontínua ou discreta, facilmente identificáveis, podendo, ocasionalmente, ter uma escala. Os indivíduos são classificados em categorias definidas, mas não se pode ordená-las.

Com relação às características qualitativas, assinale a alternativa correta:

- a) Existem dois tipos de características qualitativas: nominais e discretas.
- b) Produção de leite e altura da garupa são exemplos de características contínuas.
- c) Existem dois tipos de características qualitativas: nominais e ordinais.
- d) Características qualitativas ordinais não apresentam uma ordenação entre as categorias.
- e) Produção de leite e altura da garupa são exemplos de características nominais.

2. No processo de seleção, não podemos medir o valor genético do indivíduo diretamente sobre o fenótipo, então precisamos no mínimo saber com precisão quanto que o fenótipo da característica representa o genótipo. Para ter acesso a essa informação, usamos a herdabilidade (h^2) como indicador de precisão.

Com relação aos conceitos apresentados sobre herdabilidade, é correto afirmar:

- a) h^2 baixa varia de 0,01 a 0,20, e como exemplo podemos citar as características rendimento e qualidade de carcaça.
- b) No sentido amplo: é a relação entre variância genotípica e variância fenotípica.
- c) No sentido restrito: é a relação entre variância genotípica e variância fenotípica.
- d) No sentido amplo: é a relação entre variância genotípica aditiva e variância fenotípica.
- e) h^2 alta varia de 0,41 a 1,0, e como exemplo podemos citar as características reprodutivas.

3. O valor da acurácia depende da quantidade, da distribuição e do tipo de informação usado na avaliação. Deve ser usada como uma medida de risco, permitindo avaliar a intensidade de utilização de cada animal no rebanho.

Uma vaca apresenta uma média de produção de 8.000 kg de leite para a primeira e a segunda lactação. Se o desvio padrão fenotípico e a herdabilidade para as duas primeiras lactações são 600 kg e 0,30 respectivamente, e a correlação entre a primeira e a segunda lactação é de 0,5, estime o valor genético da vaca para produção de leite nas duas primeiras lactações e a acurácia, sabendo-se que a média do rebanho para a primeira e segunda lactação é 6.000 kg.

- a) 8.000 kg e 0,632.
- b) 2.000 kg e 0,4.
- c) 2.000 kg e 0,632.
- d) 800 kg e 0,4.
- e) 800 kg e 0,632.

Seção 1.3

Bases do melhoramento genético animal

Diálogo aberto

Pablo finalmente está engajado na avaliação dos touros quando seu primo Henrique, que mora em Natal, no Rio Grande do Norte, também chega para passar as férias na fazenda do avô João. Henrique, ao ver o trabalho de Pablo, empolga-se dizendo que sua mãe Maria também estava iniciando na produção de leite e ficou feliz por poder ajudar e já levar uma lista dos touros que seu avô João vai utilizar. Você saberia explicar os calculados de herdabilidade das características selecionadas por Pablo e Henrique? A lista selecionada pelos primos Pablo e Henrique poderia ser indicada para ser utilizada no rebanho de Maria?

Não pode faltar



Refleta

Independentemente da espécie, a seleção é um processo contínuo, de longo prazo, em que os indivíduos de diferentes genótipos são escolhidos para produzirem descendentes, ou simplesmente, a escolha de indivíduos para a reprodução. Nesse contexto, para o produtor alcançar e manter a competitividade no mercado interno e externo, quanto tempo deveria investir em programas de melhoramento genético animal?

Os programas de melhoramento genético animal (PMGA) buscam o aumento no desempenho das características de interesse econômico por meio de duas ferramentas: a seleção e o acasalamento. Como vimos na seção anterior, o efeito primário da seleção é aumentar a frequência alélica favorável (aumento do incremento na característica), reduzindo a frequência dos alelos de efeitos desfavoráveis (letais ou de baixo incremento

na característica). O processo de seleção não cria novos alelos para as características avaliadas, e sim altera suas frequências, podendo essas mudanças se tornarem permanentes com a fixação ou eliminação de determinado alelo da população. O processo pelo qual há o surgimento de novos alelos é chamado de mutação. Devido à taxa de mutação e à frequência do novo alelo serem consideradas baixas na população, muitas vezes, os novos alelos desaparecem na taxa que surgiram por causa da incompatibilidade com o ambiente ou simplesmente pelo baixo índice de multiplicação (reprodução).

A eficiência da seleção numa população depende principalmente:

- da existência de variação genética entre os indivíduos;
- da frequência alélica na característica de interesse;
- da intensidade de seleção.

Aumentar a frequência dos alelos desejáveis da característica significa ter um ganho genético a cada geração. Essa é a medida usada para avaliar a resposta da população ao processo de seleção.



Assimile

O efeito genético aditivo, chamado de valor genético do animal, é a parte do genótipo que a seleção procura mensurar e alterar, podendo ser transmitida para a progênie. Existem vários métodos de predição do valor genético, sendo o mais eficiente aquele que promove a maior resposta ao processo de seleção da característica. São baseados nas informações disponíveis dos animais em seleção.

Ao nascer uma criança, ainda na maternidade, parentes associam a morfologia (nariz, olhos, orelhas, cabelo etc.) aos pais. Na maioria das vezes, sem ter domínio dos conceitos de genética, a seleção é praticada ao acasalarem e manterem alelos na população, o que reflete em um padrão morfológico desejável.

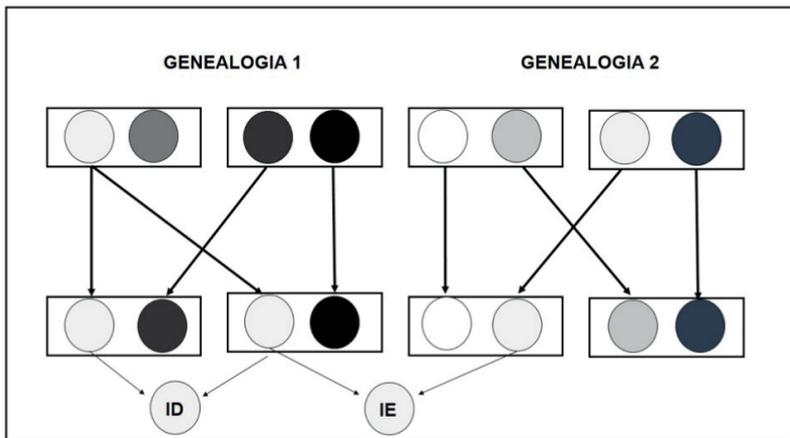
Uma dúvida pode surgir ao lembrarmos que todas as características são controladas por genes, os quais são transmitidos para os filhos por processo de meiose das células germinativas: como pode haver indivíduos não aparentados que são extremamente semelhantes? As

proteínas são traduzidas a partir de moléculas de RNA transcritas de segmentos de DNA. Dessa forma, as proteínas podem ser codificadas e exercerem funções muito próximas, mesmo o DNA não tendo a mesma origem (parentesco ligando os indivíduos). Um conceito que representa essa similaridade entre funções dos alelos é definido como identidade alélica. Em função da definição acima, os alelos podem ser classificados como alelos idênticos por descendência (ID) e alelos idênticos por estado (IE).

Dois alelos são ID se um deles for cópia direta do outro ou se ambos forem cópias do mesmo alelo de um ancestral comum. Se, por outro lado, os alelos são bioquimicamente idênticos (mesma sequência de nucleotídeos) e não estão associados por descendência, temos a definição de alelos IE.

O conceito de identidade alélica está ilustrado na Figura 1.1.

Figura 1.1 | Diferença entre identidade por descendência (ID) e por estado (IE)



Fonte: elaborada pelo autor.

Os alelos IE são bioquimicamente idênticos, enquanto os alelos ID somente são idênticos se forem uma cópia do ancestral comum.

Uma vez conhecida a origem dos alelos, a definição dos critérios de seleção dependerá dos parâmetros genéticos e dos recursos disponíveis para avaliação e obtenção das medidas (tempo e mão de obra, por exemplo). A escolha dos critérios de seleção é importante, pois quanto maior o número de características usadas, mais difícil será encontrar o animal ideal, devendo o melhorista achar um delineador comum entre diminuir a intensidade de seleção e aumentar os custos para realização da seleção.

Aqui, temos de associar os conceitos-chave de herdabilidade vistos na seção anterior. O primeiro se refere à porcentagem da variação fenotípica da característica, devido à variação genética, sendo chamado de herdabilidade no sentido amplo (H^2); e o segundo, mais funcional, considera o quanto a variação genética aditiva modifica a variação fenotípica, denominada herdabilidade no sentido restrito (h^2). Eles podem ser estimados pelas equações a seguir:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_A^2}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_A^2}$$

Em que:

σ_G^2 é a variância genética da característica;

σ_a^2 é a variância genética aditiva;

σ_A^2 é a variância ambiental.

Os tipos de seleção mais utilizados em melhoramento genético animal são:

- Individual ou massal: os melhores animais são selecionados independentemente de suas famílias ou de sua linhagem. A seleção é realizada com base no valor fenotípico de cada indivíduo. É indicada para características de alta a média herdabilidade e de fácil mensuração (podendo ser realizada na própria fazenda).
- Seleção pela família: baseia-se nas informações dos irmãos completos e meios irmãos para estimar o valor genético do indivíduo em seleção. Entre famílias: a família com os melhores animais é selecionada. Dentro de famílias: só os melhores animais da família são selecionados. É indicada para características limitadas

ao sexo, à alta e média herdabilidade ou que o animal precisa ser abatido para realizar a medição.

- Seleção pela genealogia: baseia-se nas informações dos ancestrais para estimar o valor genético do indivíduo e deve ser indicada para selecionar animais jovens, cujas características são de alta herdabilidade e limitadas ao sexo. Deve ser utilizada como método auxiliar. A genealogia deve ser precisa com todas as informações disponíveis sobre os ancestrais, aumentando, assim, a acurácia do valor genético do animal sob seleção.

- Seleção pela progênie ou teste de progênie: baseada nas informações da progênie do animal. Consiste na comparação da progênie do reprodutor com a de outros reprodutores. É indicada para características de baixa herdabilidade, limitadas ao sexo e que o animal precisa ser abatido para realizar a medição. Quanto maior o número de filhos usados na avaliação do reprodutor, maior será a acurácia na estimativa do valor genético. A eficiência está ligada aos acasalamentos ao acaso, à diversidade ambiental, ao tamanho da progênie avaliada e aos procedimentos estatísticos que consideram os efeitos não genéticos. As limitações são devido ao alto custo de manutenção e organização; mão de obra especializada (necessário o uso de inseminação artificial); e longo tempo para conclusão dos testes (ganho genético lento).

- Seleção em tandem: consiste na seleção de uma característica, excluindo todas as outras, até que a primeira atinja o nível de desempenho desejado. Então, outra característica passa a receber a atenção no processo de seleção. A eficiência está ligada às correlações favoráveis (genéticas e ambientais) entre as características de interesse.

Temos dois tipos de resposta à seleção: resposta direta e resposta correlacionada.

A resposta à seleção é medida através do ganho genético (ΔG), que é a função do diferencial de seleção (S , calculado a partir da diferença entre indivíduos selecionados para pais na próxima geração - \bar{P}_s - e da média da população - \bar{P}) e da herdabilidade da característica (h^2).

A equação fica assim descrita:

$$\Delta G = S * h^2$$

$$\Delta G = (\bar{p}_s - \bar{P}) * h^2$$

Se assumirmos que a população segue distribuição normal, a relação entre o diferencial de seleção (S) e o desvio padrão fenotípico (σ_p) é denominada de intensidade de seleção (i). Portanto:

$$i = \frac{S}{\sigma_p} \therefore S = i * \sigma_p$$

A velocidade com que o ganho genético é transmitido para as próximas gerações também é de fundamental importância, pois refletirá na lucratividade do sistema de produção, e isso constitui o intervalo médio de gerações. Esse índice mede a idade média dos pais à época de nascimento de seus filhos, originando, assim, o ganho genético anual dado pela equação:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{\Delta G}{L}$$

sendo:

$$L = \frac{L_f + L_m}{2}$$

L_f é o intervalo médio de gerações das fêmeas;

L_m é o intervalo médio de gerações dos machos.



Pesquise mais

Os métodos de seleção abordados nesta aula são baseados em uma característica. No processo de produção animal, o mercado consumidor dita as regras, ou seja, as características a serem selecionadas. Em sua maioria, independentemente da espécie escolhida para se trabalhar, há mais que uma característica de interesse. Uma leitura que recomendo a você, para melhor entendimento dos métodos de seleção, é o artigo de Vayego, Dionello e Figueiredo (2014). Esses autores compararam métodos de seleção direta e indireta e índices de seleção relacionados a características produtivas em linhagens paterna e materna de matrizes de frango de corte. Para isso, utilizaram informações de 1.962 fêmeas da linhagem materna e 3.870 machos da linhagem paterna de frangos de corte, e chegaram à conclusão que a seleção por índices de seleção pode resultar em melhores ganhos genéticos que os observados em procedimentos de seleção direta e indireta, atingindo com maior eficiência e rapidez os objetivos do programa de melhoramento em frango de corte.



Utilização de médias de produções do mesmo animal em diferentes etapas da sua vida produtiva contribui para aumentar a precisão na identificação dos melhores genótipos da população e, assim, auxiliar o processo de seleção. O uso da média de n observações repetidas é um dos modos mais eficientes de se controlar erros e confusões que, de outra maneira, poderiam resultar dos efeitos temporários ambientes.

A equação a seguir é utilizada para calcular a capacidade mais provável de produção (CPP) do animal.

$$CPP = \bar{R} + \frac{n * r}{1 + (n - 1) * r} * (\bar{A} - \bar{R})$$

Em que:

\bar{R} é a média do rebanho;

\bar{A} é a média do animal avaliado;

n é o número de observações (leitegada, lactações etc.)

r é a repetibilidade da característica.

Quando se estima o ganho genético, uma característica de difícil avaliação por meio da seleção de outra mais fácil de avaliar, temos a seleção indireta, que utiliza de dados das correlações genéticas existentes entre as características.

Se a característica X for selecionada, qual será a mudança na característica Y ? A resposta esperada de uma característica Y , quando se aplica a seleção na característica X , pode ser estimada da seguinte maneira:

$$CR_y = i * h_x * h_y * r_{xy} * \sigma_{F_y}$$

CR_y é a resposta correlacionada em y quando se seleciona X ;

i é intensidade de seleção;

h_x é acurácia de x ;

h_y é acurácia de y ;

r_{xy} é correlação entre X e Y ;

σ_F é desvio padrão fenotípico de y .

Algumas considerações devem ser realizadas:

- A seleção de uma característica ignorando uma segunda poderá implicar alguma mudança nela, de acordo com o grau de correlação genética existente entre elas.
- A correlação entre duas características mede a tendência de variarem numa mesma direção (correlação positiva) ou em direção oposta (correlação negativa).

O coeficiente de correlação pode ser interpretado da seguinte maneira:

- de 0,7 a 1,0: as características sofrerão mudanças na mesma direção;
- de 0,35 a 0,7: as características mudaram, em certo grau, numa mesma direção;
- de -0,35 a 0,35: as características mudaram de forma independente;
- de -0,7 a -0,35: as características mudaram, em certo grau, em direção oposta;
- de -1,0 a -0,7: as características sofrerão mudança em direção oposta.

Correlação próxima de zero indica que duas características não são relacionadas, ou seja, são independentes.



Exemplificando

O período de lactação das cabras varia não só de acordo com as raças e as condições ambientais, mas, principalmente, com a cabra individualmente. É, em geral, de 140 a 160 dias, com a média de 150.

Suponha que uma cabra produziu, em duas lactações corrigidas (idade, número de ordenha, período de lactação de 150 dias etc.), 900 e 825 kg de leite e pertence a um rebanho com média de lactação

600 kg. Qual a sua capacidade mais provável de produção? Suponha que a repetibilidade da característica seja 0,4.

$$CPP = \bar{R} + \frac{n * r}{1 + (N - 1) * r} * (\bar{A} - \bar{R})$$

$$CPP = 600 + \frac{2 * 0,4}{1 + (2 - 1) * 0,4} * \left(\frac{900 + 825}{2} - 600 \right)$$

$$CPP = 600 + 0,57 * 262,50$$

$$CPP = 600 + 149,62$$

$$CPP = 749,62 \text{Kg}$$

A produção mais provável para próxima lactação da cabra será de 749,62 kg de leite.

Para termos a capacidade mais provável de transmissão (CPT), basta trocar o número de repetições (r) da característica avaliada na capacidade mais provável de produção (CPP) pela herdabilidade da característica (h_2). Assim, a CPT é dada pela fórmula a seguir:

$$CPT = \bar{R} + \frac{n * h^2}{1 + (n - 1) * r} * (\bar{A} - \bar{R})$$

Portanto, critérios de seleção devem ser aplicados em qualquer característica, em maior ou menor grau, nos diferentes programas de melhoramento genético animal do Brasil, uma vez que o genótipo sofre influência direta do ambiente em que os animais são criados.

Algumas características que são focos do processo de seleção estão listadas a seguir:

- Características reprodutivas: idade ao primeiro parto, intervalo entre partos e duração da gestação (nas fêmeas) e perímetro escrotal (nos machos).
- Características de crescimento: peso ao nascer, peso maternal e à desmama, peso ao sobreano, peso adulto.
- Características ligada ao produto: índice de quebra, área de olho de lombo, espessura da lâ, marmoreio e espessura de gordura subcutânea.
- Características morfológicas ou de tipo avaliadas por escores visuais: precocidade, musculatura e conformação do frigorífico.

- Outras características: resistência a parasitas, temperamento, eficiência alimentar e produtividade.

Tendo em vista a evolução dos hábitos dos consumidores, dos sistemas de produção e dos mercados consumidores, podemos observar uma confirmação nas práticas de seleção permanente na área de melhoramento genético animal, uma vez que tanto o genótipo quanto o ambiente estão em constante modificação e precisam ser testados do ponto de vista biológico, estatístico e genético, de modo que os parâmetros gerados possam garantir, efetivamente, uma mudança confiável da constituição genética da população.

Sem medo de errar

Para explicar com cálculos de herdabilidade a Pablo, temos de lembrá-lo de alguns conceitos estatísticos em função da equação a seguir:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação}(\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$$

Quando tomadas medidas fenotípicas de um animal, estamos caracterizando um ponto específico que para o melhoramento genético animal não possui aplicação. O que importa para o melhoramento não são indivíduos (medidas pontuais), e sim melhorar a população. Para isso, temos de ter em mente que toda população possui parâmetros que a caracterizam. Alguns desses parâmetros são a função de suas medidas de posição (média) e dispersão (variância), que podem sofrer influência em termos de amostragens malconduzidas.

No entanto, realizar a aferição da população completa (senso) é dispendioso do ponto de vista econômico. Assim, as amostragens são realizadas com o objetivo de caracterizar as populações.

O mesmo ocorre com as características fenotípicas e genotípicas que estão diretamente sendo influenciadas pelas características ambientais e pela interação do genótipo com o ambiente.

Dessa forma, podemos associar o conceito das variâncias dos parâmetros da equação ($\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação}(\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$) e obter os dois tipos de herdabilidade. O primeiro se refere à porcentagem da variação fenotípica da característica devido à

variação genética, sendo chamado de herdabilidade no sentido amplo (H^2), e o segundo, mais funcional, considera o quanto a variação genética aditiva modifica a variação fenotípica, denominada herdabilidade no sentido restrito (h^2). Eles podem ser estimados pelas equações a seguir:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_A^2}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_A^2}$$

Em que:

σ_G^2 é a variância genética da característica;

σ_a^2 é a variância genética aditiva;

σ_A^2 é a variância ambiental.

E, com a mesma equação, podemos demonstrar que a lista selecionada pelos primos Pablo e Henrique não poderia ser indicada para ser utilizada no rebanho de Maria, uma vez que o clima (ambiente) no Nordeste do Brasil (mais quente) é completamente distinto do clima do Sul do Brasil (mais frio).

Avançando na prática

Capacidade mais provável de produção

Descrição da situação-problema

Ronaldo é um grande produtor de leite e proprietário de uma empresa rural moderna, a qual tem uma produção diária média de 12 mil litros de leite. Porém, não era assim no início da atividade: começou com ordenha manual e um rebanho não tão especializado em produção de leite (média de curral de 10 l de leite por vaca por dia). Com um objetivo fixado em desvendar qual é o melhor animal, Ronaldo alcançou uma média de ordenha de 28 l de leite de vaca por dia e nomeou a sua história de produção como: "Do PC ao PO em uma vida de produção", praticando com muita eficiência os conceitos e métodos de seleção propostos pelos profissionais que o auxiliaram nessa trajetória. Em sua propriedade, toda vez que o setor de recursos humanos abre uma vaga, é realizado um questionamento técnico aos candidatos. Você, agora médico veterinário, entra em contato com o setor de

RH e é convidado a uma entrevista. Durante a entrevista técnica, você é questionado a responder ao seguinte: como o Sr. Ronaldo alcançou essa média de produção?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, temos que parabenizar o trabalho desenvolvido pelo Sr. Ronaldo.

Acredito que ele deva ter utilizado uma metodologia de resposta à seleção direta. A resposta à seleção é medida através do ganho genético (ΔG), que é função do diferencial de seleção (S , calculado a partir da diferença entre indivíduos selecionados para pais na próxima geração - \bar{P}_s e da média da população - \bar{P}) e da herdabilidade da característica (h^2). A equação fica assim descrita:

$$\Delta G = S * h^2$$

$$\Delta G = (\bar{p}_s - \bar{P}) * h^2$$

Se assumirmos que a população segue distribuição normal, a relação entre o diferencial de seleção (S) e o desvio padrão fenotípico (σ_p) é denominada de intensidade de seleção (i). Portanto:

$$i = \frac{S}{\sigma_p} \therefore S = i * \sigma_p$$

A velocidade com que o ganho genético é transmitido para as próximas gerações também é de fundamental importância, pois refletiu na lucratividade do sistema de produção, e isso constitui o intervalo médio de gerações. Esse índice mede a idade média dos pais à época de nascimento de seus filhos, originando, assim, o ganho genético anual dado pela equação:

$$\Delta G_{anual} = \frac{\Delta G}{L}$$

sendo:

$$L = \frac{L_f + L_m}{2}$$

L_f é o intervalo médio de gerações das fêmeas; e

L_m é o intervalo médio de gerações dos machos.

Para isso, o Sr. Ronaldo deve ter utilizado touros jovens com acuraria menor, mas com alta DEP genômica, tendo, dessa forma, a produção visualizada nos dias de hoje.

Faça valer a pena

1. O uso da média de n observações repetidas é um dos modos mais eficientes de se controlar erros e confusões que, de outra maneira, poderiam resultar dos efeitos temporários ambientais. Tendo-se a média de n produções, pode-se obter a sua capacidade mais provável de produção (CPP), que inclui os efeitos permanentes de meio, além do valor genético do animal (PEREIRA, 2008).

A granja suína ABC tem uma média de produção de 9 leitões e repetibilidade para característica de 0,25. Qual será a CPP da 4ª leitegada de uma porca que produziu 6, 6 e 10 leitões na 1ª, 2ª e 3ª leitegada respectivamente?

- a) 6.
- b) 7.
- c) 8.
- d) 9.
- e) 10.

2. Ao utilizarmos o parâmetro de herdabilidade no cálculo da capacidade mais provável de produção, passamos a interpretar a estimativa de "transmissão" ou capacidade provável de transmissão (CPT).

Se uma vaca produziu, em três lactações corrigidas para 305 dias, 5.000, 5.200 e 5.600 kg de leite e pertence a um rebanho de média igual a 5.000 kg e que a herdabilidade e a repetibilidade sejam, respectivamente, 0,45 e 0,4. Qual será a sua CPT?

- a) 4.800 kg.
- b) 5.000 kg.
- c) 5.200 kg.
- d) 5.400 kg.
- e) 5.600 kg.

3. A resposta à seleção é medida através do ganho genético (ΔG), que é função do diferencial de seleção (S , calculado a partir da diferença entre indivíduos selecionados para pais na próxima geração - \bar{P}_S e da média da população - \bar{P}) e da herdabilidade da característica (h^2).

Em uma população de bovinos na raça Nelore, cuja média de peso ao nascimento é 28 kg e a herdabilidade da característica peso ao nascimento é de 0,33. Qual será o Ganho Genético se a média de produção dos pais da próxima geração for de 30 kg?

- a) 0,660 kg.
- b) 0,650 kg.
- c) 0,330 kg.
- d) 0,320 kg.
- e) 0,500 kg.

Referências

CURSO online gratuito. Evolução, Charles Darwin e Seleção Natural: Aula Grátis de Biologia - Teoria da Evolução e Darwinismo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kTjewD4LRiU>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

LEITE importado 2017: holandês, Jersey, pardo suíço. Uberaba: Alta, 2016. Disponível em: <<http://www.altagenetics.com.br/Uploads/Catalogs/9.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 617p.:il.

VAYEGO, S. A.; DIONELLO, N. J. L.; FIGUEIREDO, E. A. P. Seleção direta e indireta e de índices de seleção em linhagens de frango de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, n. 35, jul./ago. 2014.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. **Nature**. **171 (April 25, 1953): 737-738**. Disponível em: <<https://www.genome.gov/edkit/pdfs/1953.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

Ferramentas para o melhoramento genético

Convite ao estudo

Pudemos ler, entender e aplicar, na primeira unidade deste livro, alguns conceitos teóricos fundamentais para o trabalho de profissionais que buscam aumentar o desempenho animal. Vimos que, para o melhoramento genético animal alcançar êxito, a compreensão dos questionamentos “Qual o melhor animal?” e “Como é possível melhorar geneticamente populações de animais?” é primordial.

Nesta unidade, daremos continuidade à elucidação do segundo questionamento: “Como é possível melhorar geneticamente populações de animais?”. Para tal, as seções serão apresentadas com o intuito de constatar ganhos genéticos em quaisquer segmentos que envolvam animais de produção, de forma mais acurada e eficiente. Para isso, serão abordados conceitos básicos das ferramentas utilizadas no melhoramento genético animal, como: escrituração zootécnica; seleção e métodos de acasalamento; e fatores ambientais que influenciam no desempenho.

Ainda nesta seção, trataremos de discussões acerca de seleção e métodos de acasalamento para que o proprietário chegue a aplicar na prática os conceitos estudados até o momento.

Seção 2.1

Ferramentas para o melhoramento genético

Diálogo aberto

Roberto, diretor de comércio do Frigorífico Nova Era Ltda., foi desafiado a expandir a área de atuação da empresa da região Sul para a região Sudeste do Brasil. Para tal, Roberto organizou um dia de campo sobre qualidade de carcaça e convidou os pecuaristas de corte da região para participar do evento, almejando fomentar a cadeia produtiva com premiações para os vencedores em qualidade de carcaça fornecida ao frigorífico. Logo na primeira reunião, Roberto verificou que existiam diferenças (quanto à raça utilizada, ao sistema de produção, ao nível de tecnificação das propriedades etc.) entre essas regiões do Brasil e que, para conseguir alcançar sucesso, teria de propor provas específicas de avaliação para os animais.

Depois de chegar em casa, Roberto tabulou as fichas dos pecuaristas para dar início à segunda etapa do ciclo de palestras. Ele constatou que havia diferenças nos grupamentos genéticos utilizados como formadores do plantel. Você poderia lembrar a Roberto quais são os objetivos e critérios de uma escrituração zootécnica? Faça uma lista de fatores ambientais que podem alterar o resultado final do desempenho dos animais.

Não pode faltar

O uso de anotações de registros de características produtivas em animais começou com Robert Backell, no início do século XVIII, o que lhe rendeu o título de "Pai do melhoramento genético animal". Esse título foi fruto da colheita precisa de registros de produções e manutenção organizada das anotações, além do controle de reprodução entre seus animais, com a finalidade de fixar características desejáveis.

Sabemos, hoje, que os ganhos genéticos alcançados na atualidade são decorrentes da identificação confiável das características e dos registros de desempenho.



A escrituração zootécnica na propriedade tem a finalidade de arquivar uma série de informações biológicas controladas por seus proprietários, os quais seguem critérios determinados pelas associações de raça.

Por sua natureza genética complexa, a produção animal demanda um sistema de anotações de uma forma lógica, sequencial e passível de consulta por qualquer pessoa que busque informações a respeito do plantel.

O principal objetivo, independentemente da espécie animal, é propiciar indicadores de eficiência dos sistemas de produção, analisando, de maneira técnica e criteriosa, os dados gerados pelo processo de escrituração zootécnica, compilando os erros (que possam inviabilizar a cadeia de produção) e/ou os acertos (que devem ser mantidos e que indicam o aumento da produção e rentabilidade do sistema).

Algumas associações de raça estabelecem por regulamento que a escrituração zootécnica é obrigatória e deve estar disponível a todo momento em todas propriedades que se propõem a fazer o registro genealógico.

No processo de escrituração, é importante conscientizar tanto o produtor rural quanto seus funcionários de que os dados de produção em diferentes idades (peso à desmama, peso ao ano, peso ao sobreano e peso ao abate, por exemplo), de reprodução para machos (exame andrológico) e para fêmeas (datas dos nascimentos, idade ao parto, percentagem de prenhez, parição e desmame, taxas de natalidade, de abortos e de mortalidade), bem como eventuais incidentes devem ser imediatamente anotados.

Os índices zootécnicos são gerados a partir da base de dados em planilhas eletrônicas ou por programas de computador, desenvolvidos como ferramentas gerenciadoras do agronegócio. Nesse ponto, uma limitação técnica poderá ser encontrada por demandar aperfeiçoamento de mão de obra para operar os programas, compilando os dados.

Assim, qualquer programa de gerenciamento de dados, para

ser realizado com máxima eficiência e eficácia, depende de quatro passos básicos, os quais são:

- a coleta de dados;
- o cálculo dos índices zootécnicos;
- a análise comparativa dos resultados;
- a interpretação dos resultados.

Alguns tipos de arquivos para alcançarmos os benefícios da implementação da escrituração zootécnica na produção animal estão listados a seguir:

1. Arquivos de informações zootécnicas da criação: compostos pela identificação dos animais, da genealogia, com registro de cobertura, nascimento e óbito, pesos nas distintas idades e de informações de produção e de reprodução dos animais.

2. Controle do manejo na propriedade: formação de lotes ou grupos de contemporâneos ou categorias para facilitar o trabalho em piquetes/baias, no destino das fêmeas (doadoras ou matrizes em monta natural ou inseminação artificial), no descarte voluntário ou involuntário de fêmeas vazias, no controle da reprodução e no diagnóstico de gestação.

3. Registros de produtividade: no controle do peso vivo, no controle da idade de abate, no controle do peso da carcaça, no controle da curva de lactação.

4. Informação referente à sanidade do rebanho: no controle das vacinações, tratamentos em geral de ecto e endoparasitas, avaliações de tuberculose e brucelose em bovinos, avaliações de anemia infecciosa equina e mormo em equídeos e em cirurgias eventuais (castrações, remoção de chifres, rufiões etc.).

Uma escrituração zootécnica eficaz ocasiona, entre outros benefícios, o planejamento alimentar com base no tamanho e na estrutura do plantel em cada fase do ano. Por meio dos índices zootécnicos, poderemos traçar, junto à equipe, manejos adequados às áreas destinadas às pastagens e à produção de grãos.

Essas medidas atuam em consonância ao valor genético dos animais para desempenharem fenótipos extremos.

Avaliações de padrão racial também englobam a escrituração zootécnica, por meio do controle de registros genealógicos

provisórios e definitivos, em que os animais necessitam de uma pontuação mínima para serem enquadrados no padrão racial.

Outras avaliações mais específicas podem ser inseridas na escrituração zootécnica da propriedade, como:

- Prova de ganho em peso.
- Avaliação de tipo (EPEMURAS, por exemplo).
- Certificado especial de produção.
- Controle leiteiro oficial.



Assimile

O programa de melhoramento genético animal (PMGA), com o intuito de aumentar o desempenho das características de interesse econômico, direciona os acasalamentos entre animais superiores. Essa ação é realizada de forma coerente pelos métodos de seleção, nos quais há escolha dos animais melhores como pais da próxima geração.

Entre os fatores que determinam o planejamento de um PMGA, devemos considerar os sistemas de produção utilizados, a estrutura da criação, a fonte de informação disponível (escrituração zootécnica-coleta, armazenamento, análise e interpretação disponíveis), os recursos financeiros e humanos e o material genético disponível.

O desempenho do animal é um reflexo de seu potencial genético, porém pode ser extremamente influenciado pelo ambiente em que vive. Assim, para termos eficiência nos PMGAs, devemos ter atenção especial na seleção dos reprodutores e na manutenção da variabilidade genética da população.

Nesse cenário, vale lembrar que o efeito genético aditivo, chamado de valor genético do animal, é a parte do genótipo que a seleção busca mensurar e alterar. A eficiência da seleção depende da:

- Variabilidade genética populacional.
- Intensidade de seleção aplicada.
- Frequência alélica.

Já os critérios de seleção dependem de:

- Parâmetros genéticos da característica.

- Recursos disponíveis.
- Obtenção de medidas acuradas.

A escolha dos critérios de seleção é importante, pois quanto maior o número de características usadas, mais difícil será encontrar o animal certo, o que aumenta os custos para realização da seleção e diminui a intensidade de seleção por característica em um índice de seleção.

O sistema de acasalamento segundo a semelhança genética dos reprodutores pode ser:

- Endogâmico: acasalamento entre indivíduos aparentados, ou seja, que possuem um ancestral comum ou que a progênie apresenta alelos idênticos por descendência (indivíduos endogâmicos).

- Exogâmico: indivíduos sem grau nenhum de parentesco.

Os tipos de acasalamentos endogâmicos podem ser:

- Natural: observado em plantas com autofecundação.
- Artificial não intencional: observado em populações pequenas com número reduzido de reprodutores.
- Artificial intencional: quando se deseja forçar o aumento da homozigose na população.

Os PMGAs utilizam acasalamentos endogâmicos quando almejam fixar um genótipo, obter uso da prepotência genética e obtenção de famílias/linhagens endogâmicas para serem utilizadas em cruzamentos.

Muitos são os efeitos decorrentes do processo de endogamia no plantel, mas podemos destacar:

- Aumento da homozigose do alelo desejado: diminui a frequência dos heterozigotos.
- Separação dos genótipos e possibilidade de formação de famílias distintas.
- Fixação dos genótipos desejados na população: prepotência dos homozigotos.
- Identificação dos genes recessivos: aumenta a sua frequência na população em níveis altos.
- Diminuição a variabilidade da população afetada.

- Depressão endogâmica: reduz a reprodução e adaptação.

O grau de endogamia é a probabilidade de dois alelos do mesmo par de gene serem idênticos devido a um ancestral comum dos dois reprodutores acasalados e é medido pelo coeficiente de endogamia (F), em que:

$$F = (0,5)^{n+n'} * (1 + F_a)$$

Em que:

n+n' é o número de gerações nas linhas materna e paterna do indivíduo endogâmico;

F_a é o grau de endogamia do ancestral comum.

O grau de endogamia está relacionado ao tamanho efetivo da população (N_e) e não ao seu tamanho real. Geralmente, o N_e é menor que o tamanho real da população e está ligado ao número de indivíduos em reprodução capaz de manter a variabilidade genética da população. A equação que sumariza o N_e é dada por:

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f}$$

Em que:

N_m é o número de machos;

N_f é o número de fêmeas.



Assimile

O progresso genético alcançado na produção animal é fruto do trabalho intenso e integrado nas diversas áreas tecnológicas, desde o processo de anotação das bases de dados até a implementação das soluções interpretadas pelos programas computacionais. Esforços cada vez mais refinados são realizados com a finalidade de tornar as etapas mais eficientes e baratas, em busca de um produto final de qualidade para o consumidor.

Características de baixa herdabilidade, como as reprodutivas, demandam maior certame sobre o sistema de criação para conseguir aumentar a expressão final dessas características.

Modificações ambientais nesse tipo de característica influenciam de forma a favorecer ou prejudicar o desempenho animal, facilitando ou

inibindo os processos produtivos e reprodutivos. O ambiente interno de uma instalação deve ser função das condições locais externas, dos materiais utilizados na construção das instalações, da espécie e raça escolhida para se trabalhar, da taxa de lotação implementada, do nível de tecnificação do sistema de produção e dos equipamentos disponíveis para acondicionamento ambiental.

O acondicionamento ambiental deve ser implementado com o objetivo de colocar o animal nas melhores condições homeostáticas, resultando em máxima expressão genotípica. Para tal, as instalações deverão ser projetadas para amenizar os extremos de temperatura, umidade, radiação, movimento e pureza de ar.

Dependendo da espécie escolhida (equinos, ovinos e aves, por exemplo), as instalações deverão possibilitar o controle da luminosidade para maximizar índices de características reprodutivas.

A intervenção do homem no ambiente é dividida em duas classes de modificação ambientais, que são:

- Primárias: de simples execução e que permitem proteger o animal durante os períodos de clima extremamente quente ou extremamente frio. Por exemplo: quebra-ventos, posicionamento correto das instalações, coberturas para sombra e ventilação natural.
- Secundárias: correspondem ao manejo de microambiente interno das instalações. Por exemplo: processos artificiais de ventilação, aquecimento, refrigeração e nebulização.

As modificações ambientais secundárias são mais eficientes, no entanto, apresentam como desvantagem o custo de implementação e do nível de mão de obra disponível para manejar o sistema, fatos que beneficiam a implementação de modificações ambientais primárias.



Refleta

Como mencionado, a principal preocupação no melhoramento genético animal é com as mudanças genéticas nas populações de animais. Do ponto de vista genético, então, não se deseja saber somente o fenótipo mais favorável, mas também o genótipo desejável. Isso porque o genótipo do animal dá suporte ao fenótipo do animal e é o material genético que é passado dos pais para os filhos. Sumarizando a equação:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Interação}(\text{Genótipo} * \text{Ambiente})$$

Nesse contexto, quais modificações ambientais você indicaria para um projeto na pecuária de leite com animais de valor genético extremo, desde o bezerreiro até a sala de ordenha?



Pesquise mais

O vídeo a seguir foi produzido pela ABCZ e patrocinado pelo MAPA, e ensina a implantar o processo de seleção no gado e os caminhos do melhoramento genético. Nele, são apresentados os principais critérios de escrituração zootécnica e fatores ambientais que influenciam no desempenho.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2KP_D72C1O4>. Acesso em: 9 jul. 2017.

Nesse vídeo, o superintendente técnico da ABCZ, Luis Antônio Joasahkian, relembra que a pecuária nacional foi revolucionada desde a introdução do zebu no Brasil, em meados do século XIX, devido à grande adaptação dos animais zebuínos ao nosso sistema natural de produção, podendo ser considerados até como um processo de naturalização desses animais ao longo do tempo.

A ABCZ foi fundada com o objetivo de zelar pelo patrimônio genético das raças zebuínas, sempre buscando ajustar as tecnologias e a ciência. Nos 80 anos de seleção (desde 1938), pudemos verificar diferentes fases e pesos distintos aos critérios de seleção implementados nos programas estipulados pela ABCZ.

Sem medo de errar

A dificuldade inicial que Roberto pode estar passando faz parte de todo e qualquer processo de implementação de sistemas de produção. A escrituração zootécnica na propriedade tem a finalidade de arquivar uma série de informações biológicas controladas por seus proprietários, os quais seguem critérios determinados pelas associações de raça. Ao mudar de território, Roberto tem de buscar elucidar, por meio desse sistema de anotações, todos os dados produtivos dos produtores dessa região.

Assim, qualquer programa de gerenciamento de dados, para ser realizado com máxima eficiência e eficácia, depende de quatro passos básicos, os quais são:

- I - a coleta de dados;
- II - o cálculo dos índices zootécnicos;
- III - a análise comparativa dos resultados;
- IV - a interpretação dos resultados.

Lembrando que o principal objetivo, independentemente da espécie animal, é propiciar indicadores de eficiência dos sistemas de produção, analisando de maneira técnica e criteriosa os dados gerados pelo processo de escrituração zootécnica, compilando os erros (que possam inviabilizar a cadeia de produção) e/ou os acertos (que devem ser mantidos e que indicam o aumento da produção e rentabilidade do sistema).

Entre os fatores ambientais que podem alterar o resultado final do desempenho dos animais, podemos destacar para Roberto:

- temperatura;
- umidade;
- radiação;
- movimento e pureza de ar;
- posicionamento correto das instalações;
- ventilação natural;
- aquecimento;
- refrigeração;
- nebulização.

Do pé duro ao puro de origem

Descrição da situação-problema

Thatyana é uma entusiasta da pecuária de leite. Teve seus primeiros contatos com vacas de leite ainda criança, na fazenda de seu avô José, que tinha animais azebuados com média de produção bem baixa. No decorrer da infância, acompanhou seu avô na anotação de todos os dados produtivos e financeiros do plantel, dando nomes a vários animais. Pôde observar que, a partir da utilização de touros da raça Holandesa, o padrão das vacas mudou tanto em morfologia quanto em produção e reprodução. Hoje, na ausência de seu avô José, Thatyana, aos 40 anos de idade, utiliza touros provados por meio de inseminação artificial. Ela possui em mãos dados de escrituração zootécnica de animais, considerados puros por cruza, e a dúvida é se deve entrar na Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa.

Você poderia auxiliar Thatyana esclarecendo as vantagens do serviço de registro genealógico disponível em uma associação de raça?

Resolução da situação-problema

Thatyana, mesmo sem ter ciência, já utiliza a escrituração zootécnica em sua propriedade rural. No entanto, não desfruta totalmente dos benefícios de ter animais diferenciados no mercado, por exemplo:

- Agrega valor ao rebanho.
- Permite o acompanhamento individual de todos os animais.
- Possibilita o conhecimento do valor genético dos animais e de linhagens, com o objetivo de seleção e melhoramento genético.

Esses serviços estão disponíveis na Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, a qual possui uma equipe de técnicos de registro genealógico capacitada para auxiliar os associados.

Assim, uma propriedade que já utiliza um sistema de controle de dados só tem a ganhar com o acréscimo de mão de obra

especializada em interpretar os resultados das análises de programas de gerenciamento de dados.

Faça valer a pena

1. As características de interesse econômico possuem, em sua maioria, natureza poligênica. Associadas à complexidade gênica das características econômicas, há, ainda, influências do meio ambiente, que alteram a expressão fenotípica. Assim, é de fundamental importância identificar efeitos ambientais que influenciam o meio ambiente em que os animais são criados.

Entre as medidas que podem amenizar os efeitos prejudiciais de um estresse em criação avícola, podemos destacar:

- I - Adequar a densidade ao sexo, peso das aves e temperatura.
- II - Dimensionamento de bebedouros e comedouros após a 1ª semana de vida.
- III - Estratégias nutricionais e jejum prévio ao estresse calórico.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente I.
- b) Somente II.
- c) Somente III.
- d) I, II e III.
- e) Somente I e III.

2. Ao iniciar uma atividade, o ponto de partida do pecuarista é escolher a raça e, assim, dimensionar a capacidade de produção em sua propriedade. Cada raça possui um padrão racial, tendo papel fundamental ao direcionar, de certa forma, o tipo morfológico dos animais que serão escolhidos para serem pais da geração seguinte. Os critérios de seleção referem-se às características com base nas quais os animais são escolhidos como pais da geração seguinte, que, em termos práticos, são os meios usados para atingir os objetivos do melhoramento genético das raças bovinas de corte.

Entre as dificuldades encontradas para manutenção do melhoramento genético de bovinos de corte, assinale a alternativa correta.

- a) Grande número de filhos.
- b) Escrituração zootécnica.
- c) Baixo custo de reprodutores.
- d) Intervalo de geração curto.
- e) Pequeno número de animais a ser avaliado.

3. A forma de reprodução dos animais domésticos se dá por meio sexuado, sendo responsável pelo tipo de indivíduos que teremos na próxima geração.

Em função da definição acima, complete as lacunas:

O sistema de acasalamento, segundo a semelhança genética dos reprodutores, pode ser: _____, quando os indivíduos são aparentados, possuem um ancestral comum e a progênie apresenta _____; e _____, quando os indivíduos acasalados são sem nenhum grau de parentesco e se almeja _____ na população.

Assinale a alternativa correta que completa as lacunas em branco:

- a) endogâmico; alelos idênticos por estado; exogâmico; fixar alelos.
- b) exogâmico; alelos idênticos por descendência; endogâmico; fixar alelos.
- c) endogâmico; alelos idênticos por descendência; exogâmico; introduzir alelos.
- d) exogâmico; alelos idênticos por descendência; endogâmico; introduzir alelos.
- e) endogâmico; alelos idênticos por estado; exogâmico; introduzir alelos.

Seção 2.2

Seleção

Diálogo aberto

Ao mudar de território, Roberto, a partir de uma sistematizada coleta de informações (coleta de dados; cálculo dos índices zootécnicos; análise comparativa dos resultados; e interpretação dos resultados) dos pecuaristas da região, elucidou e traçou estratégias para implementar ações frente às distintas propriedades.

As inovações tecnológicas sobre qualidade de carcaça propostas por Roberto persuadiram os pecuaristas ao final da palestra.

Alguns dos pecuaristas, no final da segunda palestra, solicitaram a Roberto que indicasse técnicos para auxiliá-los no processo de seleção dos animais. Imaginemos que você foi o técnico indicado para gerir a seleção nos rebanhos desses pecuaristas, como realizaria a avaliação genética dos animais?

Não pode faltar

O questionamento-chave em programas de melhoramento genético animal é “Qual o melhor animal”, o que nos leva a outro questionamento: “Melhor para quem?”. O melhor seria um cavalo mais forte, mais rápido ou mais resistente? Uma galinha de postura leve ou pesada? Uma vaca que produz leite ou uma vaca que, além do leite, produz um bezerro para o abate em frigorífico? Esses são alguns exemplos de questionamentos que rodeiam o objetivo da seleção. Ter seleção significa favorecer características por aumento da frequência dos alelos favoráveis, aumentando a média de produção nas gerações seguintes.

Uma das dificuldades para se alcançar o objetivo de seleção é o fato de as características de interesse econômico serem com controle poligênico infinitesimal, ou seja, controladas por muitos genes, cada um contribuindo com um pequeno efeito sobre a característica. Isso associado ao fato de que os pecuaristas

realizam o processo de seleção com diversas características ao mesmo tempo, o que prolonga o resultado para ter o melhor tipo animal para o sistema de criação ou padrão racial.

Em centenas de anos, a seleção com base na forma e aparência tem sido a forma mais concreta de manter animais em plantéis. O primeiro resultado da seleção foi o surgimento de padrões raciais, apoiado em escrituração zootécnica e associações de raça; posteriormente, o surgimento de critérios de avaliação de tipo exterior com predomínio sobre indicadores reais de produção.



Assimile

O termo aptidão tem origem no termo em latim *aptus*, que significa "capaz de", sendo que, na prática, significa desenvolver uma função. Em espécies de produção animal, ter aptidão é traduzido por possuir alelos responsáveis pela expressão da característica, por exemplo, produção de leite, produção de carne, produção de lã, entre outras características.

Em uma população, existem diferenças entre os vários genótipos, e eles podem afetar a aptidão, dando origem aos distintos tipos zootécnicos.



Pesquise mais

O texto *Gir: Um animal ou uma raça de dupla aptidão?*, publicado pela Revista Agropecuária Tropical (edição especial nº 68 (GIR)), associa pontos fortes com relação à defesa em se criar animais com diferentes funcionalidades. Nesse texto, o autor elenca as vantagens de um animal com dupla aptidão para ser manejado em determinados sistemas de criação.

Esse tema sempre acarretou profundas discussões sobre o conceito de aptidão. O editor da revista menciona que:

num contexto geral, cada criador seleciona seu rebanho para que seja funcional, e que tenha adaptação a sua própria necessidade, resumindo cria o gado como lhe agrada. Mas alguns com maestria, não fugindo dos PADRÕES RACIAS (sendo leiteiro, corte, dupla aptidão), e outros criam apenas o que o mercado procura no momento



Com esse texto, analisamos que alcançar o objetivo de seleção em animais de produção pode ser uma tarefa árdua, pois será preciso compreender os mecanismos de ação gênica, as ferramentas para trabalhar as modificações genéticas da população sob seleção e transpor o tempo para selecionar o que o mercado exigirá em um futuro a médio e longo prazo.

Disponível em: <<http://giroriginal.blogspot.com.br/2010/07/parte-1-gir-um-animal-ou-uma-raca-de.html>>. Acesso em: 9 jul. 2017.



Refleta

Programas de melhoramento animal devem buscar incrementar não somente características referentes à quantidade mas também referenciar a qualidade dos produtos. Uma das maiores dificuldades no melhoramento animal é quando criadores selecionam várias características ao mesmo tempo, levando a um ganho menor nas próximas gerações, o que desaponta os criadores.

Um criador, para ser bem-sucedido, deve usar as melhores técnicas e os novos descobrimentos da pesquisa, observando flutuações do mercado.

No mercado de produção de ovos, quais foram as mudanças mais importantes no cenário avícola e quais são as características que possuem peso econômico e devem ser selecionadas?



Assimile

Os processos produtivos em animais são interativos entre a genética, o meio ambiente em que vivem e uma possível interferência do fenômeno denominado de interação genética e meio ambiente. Dessa forma, temos de atentar para o fato de que, na verdade, a produção animal está diretamente relacionada à harmonia entre esses fatores.

Uma forma de minimizar erros por seleção é por meio da avaliação genética dos reprodutores e reprodutrizas, na qual são determinados quantos descendentes, por quanto tempo poderão permanecer no rebanho e com quem poderão acasalar, resultando, assim, em diferentes taxas reprodutivas aos diferentes genótipos.

O mérito genético pode ser subdividido de acordo com os mecanismos de ação gênica. Aquele que concerne à seleção genética é chamado de valor genético aditivo (VGA) do animal, que, em termos práticos, diz respeito à fração que realmente pode ser selecionada e transmitida para a geração seguinte.

Entre os conceitos utilizados para mérito genético, temos a capacidade de transmissão, a qual diz respeito à superioridade do valor genotípico médio de um grande número de filhos produzidos por indivíduos de um determinado genótipo quando comparados ao valor genotípico médio de um grupo de progenitores oriundos de uma amostra ao acaso da população.

Dessa forma, para se estimar a capacidade de transmissão de um indivíduo, devemos acasalá-lo de forma aleatória na população, isentando de acasalamentos preferenciais, o que aumentaria a média desse indivíduo.

Em termos práticos, significa que a capacidade de transmissão de um genótipo (o seu mérito genético como pai) pode diferir de seu valor genotípico (o seu mérito genético como indivíduo). Quanto maior for a uniformidade na progênie significa dizer que o reprodutor possui alta prepotência genética.

Como mencionado, a capacidade de transmissão de um genótipo (mas não o seu valor genotípico) depende da população com a qual esse indivíduo vai se acasalar (frequências alélicas).

A capacidade de transmissão (CT) é dada por:

$$CT = \frac{VG}{2}$$

Em que:

VG é o valor genético do animal.

Em função da espécie que se trabalha, a capacidade de transmissão é chamada de:

- **HT** = Habilidade de transmissão (gado de leite).
- **DP** = Diferença predita (gado de leite).

- **PD** = *Predicted Difference* (gado de leite).
- **PTA** = *Predicted Transmitting Ability* (gado de leite).
- **TA** = *Transmitting Ability* (gado de leite).
- **DEP** = Diferença esperada na progênie (gado de corte e outras espécies).
- **EPD** = *Expected Progeny Difference* (gado de leite).

A nomenclatura para valor genético (**VG**) também pode ser:

- *Breeding value*.
- Valor reprodutivo.
- Valor genético aditivo.

Como descrito acima, para se obter um VGA acurado, devemos planejar os acasalamentos para obter informações fenotípicas provenientes de diversas fontes e de forma aleatória.

Mesmo assim, as informações fenotípicas deverão ser corrigidas para fatores ambientais sistemáticos que possam influenciar o desempenho dos animais, por exemplo:

- Efeito da idade da mãe sobre o peso ao nascimento e ganho em peso dos produtos.
- Sexo.
- Idade do animal.
- Manejo alimentar.

Normalmente, essas informações são relacionadas em grupos distintos denominados de grupos de contemporâneos.

Devido à relação intrínseca do fenótipo e genótipo, podemos usar mão de diferentes fontes de informações fenotípicas e genéticas para se estimar o VGA do animal.

O cálculo em função das diversas fontes de informações disponíveis constam a seguir:

- Uma informação do próprio indivíduo:

$$VGA = h^2 * (P - \mu)$$

Em que: h^2 é a herdabilidade da característica; P é o desempenho

do indivíduo; e μ é a média do grupo de contemporâneo do lote.

- Várias informações do próprio indivíduo:

$$VGA = \left[\frac{n * h^2}{1 + (n-1) * r} \right] * \frac{\sum(P - \mu)}{n}$$

Em que: n é o número de produções do indivíduo; r é a repetibilidade da característica; P é o desempenho do indivíduo; e $\frac{\sum(P - \mu)}{n}$ mede o desvio fenotípico médio em relação ao grupo de contemporâneo do lote.

- Algumas informações de ancestrais e colaterais:

$$VGA = R * h^2 * (P - \mu)$$

Em que: R é o parentesco genético entre o indivíduo que se pretende estimar o VGA e o indivíduo que fornece a informação.

- Várias informações de ancestrais e colaterais:

$$VGA = \left[\frac{R * n * h^2}{1 + (n-1) * r} \right] * \frac{\sum(P - \mu)}{n}$$

- Informações de progênie do indivíduo:

$$VGA = \left[\frac{2 * N * h^2}{4 + (N-1) * h^2} \right] * \frac{\sum(P - \mu)}{N}$$

Em que: N é o número de progênies do indivíduo; e $\frac{\sum(P - \mu)}{N}$ remete ao desempenho fenotípico médio da progênie.

- Uma combinação de todas as informações acima, o que leva ao método denominado BLUP.

O termo BLUP é uma abreviação do termo em inglês *Best Linear Unbiased Prediction*, cuja tradução é melhor predição linear não viesada. Para que a metodologia do BLUP seja executada, algumas propriedades devem ser respeitadas, como:

- Proporciona os fatores de ponderação apropriados para que as diversas fontes de informação disponíveis a respeito de cada indivíduo possam ser resumidas a um único valor de diferença esperada na progênie (DEP).

- Estima as DEPs sem vícios.
- Maximiza a estimativa da acurácia (h).
- Possibilita estimar a tendência genética de uma população.

- Utiliza informações de todos os parentes.
- Leva em consideração os acasalamentos preferenciais.
- Pode utilizar informações de características geneticamente correlacionadas.
- É realizado empregando álgebra matricial, o que possibilita a solução simultânea de um grande número de equações.

Assim, independentemente da fonte de informação a ser utilizada para estimação do VGA do animal, teremos de ter ciência das seguintes etapas para avaliação genética:

- Geração das informações nas fazendas ou granjas e remessa para as associações de raça ou centros de avaliação.
- Os dados são enviados a um centro de avaliação.
- Formação dos grupos contemporâneos.
- Síntese dos arquivos de dados para análises.
- Cálculo do grau de parentesco genético entre todos os indivíduos.
- Formação das equações para solução simultânea.

Dessa forma, são produzidos os resultados da avaliação genética, como PTA, DEP e VGA.

Temos de lembrar que nem todas as avaliações de características medidas fácil e diretamente para assim serem avaliadas. Características raciais, por exemplo, demandam noções do exterior dos animais para que possa ser aplicada a seleção de animais e, posteriormente, serem aplicadas formas de classificação.

Cabe às associações de raça definir quais são os limiares para cada característica sob seleção. Para tal, buscar o conhecimento específico e aplicado dos conceitos de exterior é fundamental.

Um exemplo funcional é o aplicado em raças zebuínas pela Associação dos Criadores de Zebu.

Os critérios são sumarizados em uma sigla com sete letras, denominada EPMURAS. Nessa sigla, cada letra apresenta uma função, que são:

- Estrutura corporal (E): diz respeito à área lateral (comprimento pela profundidade do corpo) que o animal ocupa e está relacionada à capacidade de deposição muscular.

- Precocidade (P): diz respeito à velocidade que o animal sai da puberdade. Na prática, são animais que apresentam mais costelas em relação à altura de seus membros.

- Musculosidade (M): é avaliada em função da deposição muscular e distribuição da musculatura no corpo.

- Umbigo (U): diz respeito ao comprimento do prepúcio e à funcionalidade e longevidade do animal dentro do rebanho.

- Caracterização racial (R): diferencial de criação que, por si só, justifica sua inclusão em um programa de melhoramento genético animal.

- Aprumos (A): diz respeito à funcionalidade em buscar alimento e reproduzir.

- Sexualidade (S): avaliação do dimorfismo sexual do animal por meio de caracterização sexual e da parte externa dos órgãos genitais.

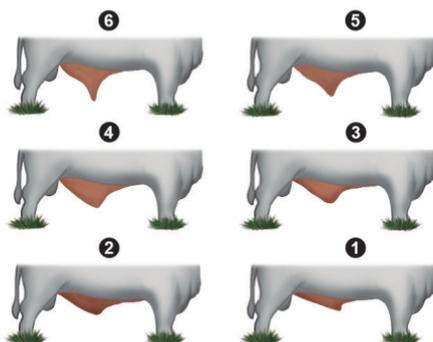
Na avaliação visual, os melhoristas devem possuir diferentes competências para atender a todos os requisitos que podem ter impacto econômico na produção.



Exemplificando

Na Figura 2.1, pode ser visualizada uma escala de escores para a característica umbigo em animais zebuínos, de acordo com a ABCZ.

Figura 2.1 | Escala de escore para a característica umbigo



Fonte: Rosa et al. (2013, p. 191).

A característica inicia com a nota 1 (um) apresentando bainha e prepúcio extremamente reduzidos comparados à nota 6 (seis), com bainha e prepúcio muito penduloso. As notas consideradas ideais são 3 e 4.

Uma aplicação dos métodos de seleção estudados é a prova de desempenho, a qual é medida em características avaliadas pelo desempenho do próprio indivíduo. A maioria das características de valor econômico em animais de produção é de características que possuem herdabilidade moderada a alta, fato que favorece a avaliação pelo desempenho individual.

Avaliar diretamente o animal possui, entre as vantagens:

- Uniformização das condições ambientais.
- Avaliação de características de difícil mensuração, por exemplo, conversão alimentar.
- Ação educadora dos proprietários dos animais, auxiliando a compreender a natureza das características.

E entre as possíveis limitações, podemos citar:

- Efeitos residuais das fazendas de origem.
- Número reduzido de animais a ser testado nas condições de fazendas.
- Local e sistema a ser testado.

Sem medo de errar

Como técnico da propriedade, você deverá ter ciência das características planejadas como essenciais. Seu trabalho principal será selecionar e indicar acasalamentos baseados em informações zootécnicas do rebanho, as quais serão retiradas do acervo de dados da escrituração zootécnica da propriedade.

Seu esforço será em função de aumentar a frequência alélica dos alelos favoráveis ao incremento da característica. Isso auxiliará nas decisões de quais reprodutores acasalarão, quantos filhos deverão ter e por quanto tempo permanecerão no rebanho.

Esse processo de escolher e avaliar os animais geneticamente é chamado de avaliação genética e será, entre seus afazeres, o de maior responsabilidade.

Avançando na prática

Teste de desempenho

Descrição da situação-problema

Jorge é um grande pecuarista de corte. Sua agropecuária, chamada Carne Forte, está localizada em Cáceres, no estado do Mato Grosso, e perfaz o sistema completo de cria, recria e terminação de forma extensiva. Com animais da raça Nelore, utiliza touros de reposição selecionados dentro de seu rebanho. Com o objetivo de inovar, procurou você, técnico em avaliação genética, para propor um teste de desempenho de seus novilhos candidatos a touros da próxima geração. De início, Jorge lhe faz os seguintes questionamentos: “Como pode ser conduzido o teste de desempenho?” e “Qual o local para se realizar o teste de desempenho?”.

Resolução da situação-problema

Os testes de desempenho em bovinos de corte podem ser conduzidos a pasto ou em confinamento. No entanto, vale ressaltar que o fenótipo está diretamente relacionado ao valor genético do animal, com o ambiente e com a interação entre o genótipo e o meio ambiente. Assim, para maior acurácia do valor genético aditivo, estabelecer provas de desempenho no ambiente em que os animais serão criados é fundamental.

Você poderá propor para Jorge o estabelecimento de uma prova de desempenho na própria fazenda ou levar os “melhores animais” da propriedade para estações centrais de avaliação genética.

Entre as vantagens de realizar a prova de desempenho nas centrais, podemos elencar:

- Maior uniformização das condições de ambiente (desde a alimentação até a condução do manejo geral da propriedade), permitindo comparar diferenças de natureza genética entre

animais de diferentes fazendas.

- Avaliar características de difícil mensuração direcionadas à fazenda, como consumo alimentar residual e taxa de emissão de gás metano. Características dependentes de mão de obra especializada.

- Ação educadora, por poder visualizar manejos sistematizados e compreender a natureza genética entre os animais.

Vale lembrar que também existem limitações com relação aos testes nas centrais, como:

- Efeitos residuais das fazendas de origem.
- Redução no número de animais testados pelo maior custo.
- Tipo de teste de desempenho, em que muitos testes são realizados em confinamentos e os animais serão, posteriormente, desafiados a pasto.

Ao implementar o teste de desempenho, com certeza, haverá um deslocamento positivo no ganho genético da característica, o que refletirá em maiores índices de lucratividades.

Faça valer a pena

1. Uma condição *sine qua non* para real observação de diferenças genéticas entre os animais é que eles recebam o mesmo manejo e oportunidades.

A teoria descrita acima está ligada ao conceito de:

- a) Avaliação visual.
- b) Avaliação genética.
- c) Grupo de contemporâneos.
- d) Característica a ser selecionada.
- e) Teste de desempenho.

2. Para realização de avaliações de desempenho em estações centrais, algumas recomendações devem ser seguidas. Podemos citar: período de adaptação, duração do teste, idade e peso no início do teste e sistema de avaliação.

Assinale a alternativa que é considerada uma vantagem em se realizar o teste de desempenho em estações centrais:

- a) Efeitos residuais das fazendas de origem.
- b) Maior uniformização das condições de ambiente.

- c) Redução no número de animais testados.
- d) Maior custo por indivíduo avaliado.
- e) Tipo de teste de desempenho independente da propriedade.

3. O termo BLUP é uma abreviação do inglês *Best Linear Unbiased Prediction*, cuja tradução é melhor previsão linear não viciada. Para que a metodologia do BLUP seja executada, algumas propriedades devem ser respeitadas.

Assinale qual propriedade deve ser respeitada:

- a) Utilizam-se informações de desempenho individual.
- b) Inviabiliza-se utilizar informações de características geneticamente correlacionadas.
- c) Os acasalamentos preferenciais não são levados em consideração.
- d) Minimiza-se a estimativa da acurácia (h).
- e) As DEPs são estimadas sem vícios.

Seção 2.3

Métodos de acasalamentos

Diálogo aberto

Agora que conseguiram alcançar a qualidade na carcaça e receber uma remuneração a mais pela mesma quantidade produzida proposta por Roberto, os pecuaristas gostariam de aumentar a produção. Notaram que, com a escrituração zootécnica, seus rebanhos estavam muito aparentados. Como você poderia esclarecer para os pecuaristas o que aconteceu nos rebanhos? Quais são as vantagens e desvantagens de o rebanho ser aparentado? Quais são as biotécnicas da reprodução que poderiam ser implementadas em sistemas de produção animal?

Não pode faltar

Tendo em vista a evolução do mercado, identificar e alcançar parâmetros zootécnicos que propiciem rentabilidade ao sistema implementado na propriedade não é um trabalho rápido, em função do intervalo de geração e prolificidade das espécies domésticas. Entre as ferramentas do melhoramento genético, iniciamos, na Seção 2.1, a elucidar os métodos de acasalamento para responder à segunda questão-chave do melhoramento genético: “Como podemos melhorar geneticamente uma população de animais?”. Demos ênfase à utilização da endogamia como um método de acasalamento.



Assimile

Lembrando que acasalamentos endogâmicos são entre indivíduos aparentados. Eles são utilizados para aumentar a frequência ou fixação de alelos desejáveis, obtenção de prepotência genética, diferenciação entre famílias, e o principal: produzir progênies de valor genético extremo.

O sucesso desse sistema de acasalamento é alcançado pelo aumento da frequência Locus em homozigose. Uma desvantagem é que, além de alelos responsáveis pelo incremento das características, existem alelos que causam doenças genéticas ou que reduzem a taxa de reprodução ou de sobrevivência de um organismo, chamados de alelos deletérios. O aumento dessa classe de alelos em homozigose leva ao quadro de depressão endogâmica.

Algumas definições importantes:

- Mestiço ou cruzado: o termo é utilizado para denominar animais resultantes do cruzamento de raças ou linhas genéticas distintas de seleção.
- F_1 : são animais de primeira geração de cruzamento. Os animais têm 50% dos genes da raça do pai e 50% da mãe.
- F_2 : são animais da segunda geração de cruzamento ($F_1 \times F_1$)



Refleta

Se o objetivo dos programas de melhoramento genético é aumentar a produtividade, e o aumento da produtividade ocorre com o aumento da frequência do alelo favorável ao incremento da característica, por que utilizar o acasalamento exogâmico?

Há, basicamente, três razões para fazer uso de sistemas de acasalamento:

- Produzir progênies de valor genético extremo.
- Fazer uso da complementariedade.
- Obter heterose ou vigor híbrido.

Para entendermos cada uma dessas razões, temos de, novamente, fazer menção à equação: **Fenótipo = Genótipo + Ambiente + Interação (Genótipo * Ambiente)** Por essa equação, facilmente chegamos à conclusão de que o "melhor animal" para um pecuarista não será o "melhor genótipo" em todas as situações.

Todavia, existe uma certa vantagem em se acasalar esses animais mais produtivos a grupos de animais adaptados a determinadas regiões.

No decorrer das aulas, traçamos estratégias para escolher qual método de acasalamento deverá ser implementado na propriedade, entre elas estão:

- Definição das condições ambientais em que os animais serão criados.
- Escolha da raça ou biótipo mais adequado ao sistema de criação.
- Definição das características a serem trabalhadas.
- Implementação de escrituração zootécnica na propriedade.
- Utilização de reprodutores avaliados em programas de melhoramento genético animal.

Existem diferentes métodos de se acasalar animais, entre eles o acasalamento exogâmico. Esse tipo de acasalamento é realizado entre indivíduos não aparentados ou com origem genética diferente, nesse caso, sendo conhecidos como cruzamentos. Os cruzamentos podem ser intraespecíficos, quando realizados entre indivíduos da mesma espécie, ou interespecíficos, quando realizados entre indivíduos de espécies diferentes.

Um questionamento logo surge: "Por que usar o acasalamento exogâmico?". A resposta para essa questão é ampla:

- Explorar a heterose e complementariedade pelas combinações entre raças distintas.
- Dar flexibilidade aos sistemas de produção.
- Absorção de raças e criação de novas raças.
- Introduzir genes na população.

Mas o que é heterose? O termo heterose, ou vigor híbrido, é utilizado para caracterizar superioridade média dos filhos em relação à média dos pais. Esse conceito é difundido tanto em programas de melhoramento genético vegetal quanto em melhoramento genético animal e pode ser calculado pelas expressões:

- Em unidades da característica:

$$H_{AB} = \frac{H_{AB} + H_{BA}}{2} - \frac{H_A H_B}{2}$$

- Em termos de porcentagem:

$$H_{AB} = \frac{\frac{\mu_{AB} + \mu_{BA}}{2} - \frac{\mu_A \mu_B}{2}}{\frac{\mu_A \mu_B}{2}} * 100$$

Em que:

H_{AB} é o grau da Heterose na geração F_1 ;

μ_{AB}, μ_{BA} média da geração F_1 ;

μ_A é a média da raça A; e

μ_B é a média da raça B.

A heterose é gerada pela heterozigose, ou seja, pelo aumento da frequência de heterozigotos na população. Dessa forma, quanto maior a distância genética entre os parentais, maior será a heterose na geração F_1 .

Há três tipos de heterose:

- Heterose individual: é a superioridade fenotípica de um animal individualmente em relação à média de seus pais, que não é atribuível a maternos, ou efeitos paternos ou ainda efeitos ligados ao sexo.

- Heterose materna: refere-se à superioridade média da progênie de fêmeas cruzadas em vez de fêmeas puras.

- Heterose paterna: refere-se à superioridade média da progênie de machos cruzadas em vez de machos puros.

As bases genéticas da heterose não estão totalmente elucidadas. Existem três teorias distintas sobre a heterose: dominância, sobredominância e epistasia.

- Dominância: nessa teoria, o valor fenotípico é expresso pela presença de um ou dois alelos no locus. Para essa teoria ser funcional, os parentais devem possuir locus em homozigose e serem contrastantes (por exemplo, P_1 - AABBCcDdeeff e P_2 - aabbccDDEEFF). Dessa forma, a geração F_1 terá alta frequência de locus em heterozigose (AaBbCcDdEeff), expressando-se em maior desempenho fenotípico.

- Sobredominância: aqui, o valor fenotípico é maior quando há locus em heterozigose. As explicações para a superioridade são baseadas em versões, nas quais a geração F_1 tem maior

versatilidade bioquímica por possuir maior número de alelos (ou seja, diferentes sistemas enzimáticos), e em versões em que há uma complementariedade entre as funções fisiológicas.

- Epistasia: nessa teoria, a explicação se baseia na interação entre alelos de genes diferentes, e não entre alelos no mesmo gene. A heterose, nesse caso, pode ser fruto de genes presentes em qualquer um dos parentais.

O grau de heterose obtido nos cruzamentos depende dos seguintes fatores:

- Níveis de heterozigose individual.
- Distância genética entre as raças envolvidas (parentais).
- Frequências gênicas nas populações.
- Característica de interesse: herdabilidade e sua interação com o ambiente.



Assimile

Dessa forma, chega-se à conclusão de que o nível de heterose é inversamente proporcional à herdabilidade da característica. Exemplos de relacionamento entre herdabilidade e heterose em função da característica em bovinos de corte estão listados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 | Relacionamento entre herdabilidade e heterose em função da característica em bovinos de corte

| Característica | Herdabilidade | Heterose |
|------------------------|---------------|----------|
| Peso ao nascimento | ↑ | ↓ |
| Eficiência alimentar | ↑ | ↓ |
| Comprimento de carcaça | ↑ | ↓ |
| Fertilidade | ↓ | ↑ |
| Sobrevivência | ↓ | ↑ |

Fonte: adaptada de Pereira (2008).

Outra razão, e não menos importante, é fazer uso da complementariedade entre as raças. Ela se constitui na segunda vantagem do cruzamento entre raças e é resultante da maneira como elas são combinadas. As raças apresentam características próprias e diferem em sua capacidade produtiva.

Para tirar melhor proveito econômico das diferenças entre raças, devemos explorar as qualidades excepcionais de uma raça, complementando-a pelo cruzamento com outra raça de valor reconhecidamente superior em outras características. Ou explorar as vantagens de linhas paternas e maternas em programas de melhoramento genético. Por exemplo: programas de melhoramento de suínos e aves, nos quais são utilizadas fêmeas das raças mais prolíficas com machos das raças de melhor taxa de crescimento, conversão alimentar e rendimento de carne magra.



Assimile

Os objetivos específicos para utilizarmos cruzamentos (ou seja, acasalamentos exogâmicos) são:

- Produção de heterose: representa a recuperação da depressão endogâmica.
- Otimização do mérito genético aditivo de diferentes raças, explorando a variação genética existente entre elas.
- Uso da complementariedade (possui componentes genéticos e ambientes).
- Formação de raças "sintéticas ou compostas" que apresentam versatilidade genética para utilização em ambientes e sistemas de produção mais adversos.

As formas estratégicas para utilizarmos cruzamentos devem seguir os seguintes aspectos:

- Verificação das condições de ambiente em que a nova população de animais será explorada comercialmente.
- Escolha das raças mais adequadas aos objetivos da exploração.

- Definição das características que devem ser geneticamente melhoradas.
- Controle zootécnico rígido.
- Avaliar os reprodutores (de preferência nas mesmas condições de ambiente nas quais suas progênes serão criadas).
- Utilizar diferentes alternativas de cruzamentos envolvendo raças, cujo potencial genético seja superior.

Como visto, os cruzamentos têm por finalidade aumentar a heterose para as características mais importantes. A escolha do método de cruzamento depende do tamanho do rebanho, da utilização de biotecnologias reprodutivas, do mercado para os produtos gerados e de recursos técnicos e financeiros disponíveis.

Entre os tipos de cruzamentos mais utilizados, podemos mencionar:

- Cruzamento simples ou industrial: esse tipo de acasalamento é fruto de duas raças puras distintas, gerando uma progênie de interesse (F_1), cuja vantagem é a obtenção de 100% de heterose. Os machos são destinados ao abate, e as fêmeas também podem ser abatidas ou servir de base para reprodução em outro tipo de cruzamento, ou quando a intenção é a hibridização interespecífica, como nos muars.

- Cruzamento contínuo ou absorvente: utilizado quando a intenção é substituir a genética de forma gradual e de maneira econômica. Uma raça é absorvida pela outra, ocorrendo uma mudança gradual na composição genética do rebanho. Fêmeas mestiças acasaladas com machos puros a cada geração. A principal vantagem é o aumento de genes que incrementam a característica com retenção de 6% de heterose no puro por cruza ($\frac{31}{32}$ avos da raça melhoradora), e a desvantagem é o tempo para se chegar em animais puro de origem ($\frac{1.023}{1.024}$ avos da raça melhoradora associado a uma pontuação mínima na avaliação de tipo), que, dependendo da raça, pode chegar a 10 gerações, como a raça Holandesa.

- Cruzamento rotacional ou rotativo: nesse cruzamento, há o uso alternado de duas ou mais raças distintas. Como vantagem, conseguimos uma retenção média de 63% de heterose quando utilizadas duas raças, 85% com três raças, com aumento gradual até cinco raças. As fêmeas são destinadas à reprodução, e machos são destinados ao abate. Como desvantagem, há uma flutuação na composição genética da progênie, a cada geração, o que gera desuniformidade da população exigência de um nível elevado de manejo e necessidade de reprodutores diferentes a cada geração, os quais podem estar sob processo de seleção para características distintas dos objetivos da propriedade.

Vale ressaltar que não existe um sistema de cruzamento ideal para todas as situações; não existe a raça ideal, e sim aquela que atende aos objetivos e às exigências de cada criador. A escolha correta do reprodutor é fundamental para o sucesso em qualquer tipo de cruzamento. Dessa forma, o cruzamento explorará todas as possibilidades genéticas existentes entre as raças, tornando o rebanho mais flexível em relação aos sistemas de produção e ao mercado consumidor.



Pesquise mais

Assista ao vídeo *Cruzamento industrial: Gado de corte*. Nele, o engenheiro agrônomo João Queiróz explica o porquê e como implementar um sistema de cruzamento em bovinos com planejamento e conhecimento da interação ambiental. Evidencia os quatro pontos principais para se ter sucesso no planejamento da propriedade.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uKWj2c8FT3s>>. Acesso em: 9 jul. 2017.

Independente do sistema de acasalamento (endogâmicos ou exogâmicos), é fundamental, para fazermos uso do potencial genético máximo dos animais, ter acesso às biotecnologias reprodutivas aplicadas em animais de produção.

Nos machos, a ferramenta biotecnológica reprodutiva é a inseminação artificial (IA). Os objetivos ao se utilizar a IA são maior

disseminação de material com valor genético extremo, gerando produtos precoces em fertilidade, com alto ganho de peso e elevada produção leiteira; explorar raças não adaptadas à monta natural em clima tropical; possibilitar maior controle de doenças sexualmente transmissíveis; e diminuir o custo do produto final.

Entre as vantagens da utilização de IA, podemos mencionar a multiplicação rápida de genótipos superiores; a maior intensidade de seleção e ganhos genéticos mais rápidos; e custos econômicos menores quando comparados àqueles resultantes da aquisição de reprodutores. No entanto, temos, entre as desvantagens, a multiplicação de genótipos inferiores não provados geneticamente; difusão de doenças hereditárias à população (também sexualmente transmissíveis); e requer nível tecnológico razoável para a adoção.

Entre os fatores genéticos que maximizam o uso da IA, estão o ganho genético e a resposta à seleção:

$$\Delta G = \Delta S * h^2$$

$$\Delta G = i * \sigma_p * h^2$$

$$\Delta G = i * \sigma_p * h * h$$

$$\Delta G = i * \sigma_p * h * \frac{\sigma_a}{\sigma_p}$$

$$\Delta G = i * h * \sigma_a * \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_p} \right)$$

$$\Delta G = i * rHI * \sigma_a$$

Em que:

ΔG é o ganho genético; ΔG é o diferencial de seleção; h^2 é a herdabilidade no sentido restrito; i é a intensidade de seleção praticada; σ_a é o desvio padrão genético aditivo; σ_p é o desvio padrão fenotípico; e rHI é a correlação do índice e o agregado genotípico.

Portanto:

- Quanto maior o i , maior o DS .
- Quanto maior o σ_p , maior o DS .
- Quanto maior o DS , maior o ΔG .



Qual a diferença em utilizar programas de seleção de touros com e sem IA?

- Em centrais de IA:

Selecionar 1/100 touros para peso aos 18 meses, considerando $h^2=0,63$ para essa característica:

$$i = \left(\frac{1}{100} \right) = 2,7$$

$$h^2 = 0,63$$

$$\Delta G_{(I.A.)} = h^2 * DS$$

$$\Delta G_{(I.A.)} = h^2 * (i * \sigma_P)$$

$$\Delta G_{(I.A.)} = 0,63 * 2,7 * \sigma_P$$

$$\Delta G_{(I.A.)} = 1,7 * \sigma_P$$

- Em fazendas:

Selecionar 40% de touros para peso aos 18 meses, considerando $h^2=0,63$ para essa característica:

$$i(40\%) = 0,97$$

$$h^2 = 0,63$$

$$\Delta G_{(Fazenda)} = h^2 * DS$$

$$\Delta G_{(Fazenda)} = h^2 * (i * \sigma_P)$$

$$\Delta G_{(Fazenda)} = 0,63 * 0,97 * \sigma_P$$

$$\Delta G_{(Fazenda)} = 0,61 * \sigma_P$$

Portanto:

$$\frac{\Delta G_{(I.A.)}}{\Delta G_{(Fazenda)}} = \frac{1,7 * \sigma_P}{0,61 * \sigma_P} = 2,786 \Leftrightarrow \Delta G_{(I.A.)} = 3 * \Delta G_{(Fazenda)}$$

Como os touros contribuem com 1/2 do genótipo da progênie, concluímos que:

$$\Delta G_{(I.A.)} = 1,5 * \Delta G_{(Fazenda)}$$

Nas fêmeas, temos:

- Transferência de embriões (TE).

A média mundial é de 5,5 embriões viáveis recuperados por coleta, e a taxa de gestação dos embriões transferidos é de 50% na bovinocultura. Isso significa que, em média, serão obtidas de duas a três gestações por coleta e de seis a 12 gestações/doadora/ano.

Entre as vantagens da TE, podemos citar o aumento da taxa reprodutiva de fêmeas, o que permite maior intensidade de seleção, bem como a expansão de estoques genéticos raros; animais geneticamente superiores podem ser utilizados intensivamente na produção de nova geração, aumentando o ΔG , o que acelera o melhoramento; o comércio e transporte de animais; a possibilidade de aquisição de embriões congelados em vez de animais vivos evita ou minimiza restrições, como alto custo do transporte, problemas de adaptação, risco de disseminação de doenças exóticas, introdução de novas raças (a TE possibilita a rápida multiplicação de animais na composição racial desejada, mais rapidamente que a IA) e preservação de espécies raras ou em risco de extinção.

Com relação às desvantagens, podemos enunciar o considerável custo operacional (equipamentos e mão de obra especializada); a modesta e aleatória produção de embriões; e o aumento da endogamia do rebanho.

No processo de TE, podemos ainda utilizar a bipartição embrionária (possibilita produzir duas crias geneticamente idênticas e, com isso, elevar a média a 18 produtos/doadora/ano); sexagem de embriões (efetuada por meio de técnicas moleculares, garante alto índice de acerto; exige equipamentos específicos, infraestrutura e pessoal treinado) e a criopreservação de embriões (permite o intercâmbio seguro, do ponto de vista de sanidade animal, de material genético superior).

- Fecundação *in vitro* (FIV)

É considerada a terceira geração de biotecnologias aplicadas à reprodução dos animais, após IA e TE, sendo uma técnica essencialmente de laboratório, capaz de multiplicar mais rapidamente genótipos superiores. Essa técnica reflete em aplicações práticas sobre a fertilidade dos touros ao avaliar a habilidade de seus espermatozoides fecundarem os oócitos *in vitro*, resultando na formação de um maior número de zigotos.

Assim como a maximização de fêmeas de alto valor genético como técnica suplementar, chegando a ser mais vantajosa que a TE.

Por exemplo, uma vaca em TE não passaria de 100 a 200 embriões em sua vida reprodutiva total, enquanto no ovário das fêmeas bovinas existem de 50.000 a 100.000 oócitos disponíveis.

Algumas restrições devem ser lembradas, como o alto custo da técnica; instalações inadequadas; técnicos altamente capacitados; embriões produzidos pela FIV apresentam menor fertilidade do que os convencionais, ou seja, menores taxas de prenhez; e a viabilidade dos embriões congelados produzidos pela FIV é inferior àqueles produzidos *in vivo*.

Sem medo de errar

Devemos evidenciar aos pecuaristas que a maioria das características de produção é controlada por muitos genes e que cada gene possui alelos com efeito aditivo sobre a característica, ou seja, cada vez que se faz a seleção de um reprodutor com características interessantes, ele está selecionando alelos que aumentam o efeito da característica. Dessa forma, o reprodutor passa, para sua progênie, uma cópia de seus alelos, os chamados alelos idênticos por descendência (no caso de pai para filhos). Uma explicação para o aumento do parentesco nos rebanhos é devido ao objetivo de a seleção ser apenas aumento direto da produção sem levar em consideração o índice de endogamia do rebanho.

Muitos são os efeitos decorrentes do processo de endogamia no plantel, podendo destacar:

- Aumento da homozigose do alelo desejado: diminui a frequência dos heterozigotos.
- Separa os genótipos e possibilita a formação de famílias distintas.
- Fixação dos genótipos desejados na população: prepotência dos homozigotos.

No entanto, existem desvantagens, como:

- Identificação dos genes recessivos: aumenta a sua frequência na população em níveis altos.

- Diminui a variabilidade da população afetada.
- Depressão endogâmica: reduz a reprodução e adaptação.

Entre as técnicas que podem ser implementadas para diminuir a endogamia no rebanho a custos mais acessíveis de que a compra de animais (tours e/ou matrizes) de reposição, podemos citar a inseminação artificial, a transferência de embrião e a fertilização *in vitro*.

Avançando na prática

Depressão por endogamia

Descrição da situação-problema

Um mercado em potencial no setor de animais de estimação é a criação de cavalos miniatura, os pôneis, cujas graciosidades incluem crinas e caudas mais densas, estatura pequena com uma estrutura óssea mais pesada e pernas proporcionalmente mais curtas do que outros equinos. Paulo é um grande aficionado por criar esses animais. Em seu haras, localizado em Campinas (SP), o mercado busca animais cada vez menores. Seu sistema de criação é baseado apenas em animais nascidos no haras, o que tem propiciado diminuição do porte do animal. Você, médico veterinário, poderia explicar a Paulo as desvantagens de utilizar apenas reprodutores nascidos no haras e quais as vantagens de utilizar reprodutores de outros haras?

Resolução da situação-problema

Características morfológicas, como altura de cernelha, em equídeos, são controladas por poucos genes e são de fácil seleção, até mesmo em rebanhos pequenos. Isso explica o sucesso alcançado por Paulo em seu haras na cidade de Campinas. No entanto, você, médico veterinário, tem de lembrar a Paulo que a utilização de acasalamentos fechados a um grupo de indivíduos leva a altos níveis de acasalamentos aparentados, quadro chamado de endogamia! Quando o nível de endogamia está alto na população, além das características desejáveis, como menor estatura, podemos estar fixando alelos desfavoráveis, como doenças que ocasionam distúrbios metabólicos e de

temperamento. Você pode explicar a Paulo que, ao utilizar ganhanhos selecionados de outros haras, aumentarão os acasalamentos entre indivíduos não aparentados e continuará a diminuir o porte de seus animais sem aumentar a frequência de alelos desfavoráveis por encobrir seus efeitos pelo aumento da heterozigose. Vale ressaltar a ele que não é necessário receber ou comprar os ganhanhos propriamente em sua propriedade, pois existem ferramentas reprodutivas atualmente, como a inseminação artificial, que propiciam a disseminação de material genético a custos baixos e com baixos riscos sanitários ofertados aos rebanhos que estão comprando o sêmen.

Faça valer a pena

1. A heterose é gerada pela heterozigose, ou seja, pelo aumento da frequência de heterozigotos na população. Dessa forma, quanto maior a distância genética entre os parentais, maior será a heterose na geração F_1 .

Considerando o texto acima sobre heterose, assinale a alternativa correta.

- a) Heterose individual refere-se à superioridade média da progênie de fêmeas cruzadas em vez de fêmeas puras.
- b) Heterose materna refere-se à superioridade média da progênie a partir de machos cruzados em vez de machos puros.
- c) Heterose individual refere-se à superioridade média da progênie de machos cruzados em vez de machos puros.
- d) Heterose paterna refere-se à superioridade média da progênie a partir de fêmeas cruzadas em vez de fêmeas puras.
- e) Heterose individual é a superioridade fenotípica de um animal individualmente em relação à média de seus pais.

2. Uma estratégia muito utilizada na pecuária de corte brasileira é o sistema de cruzamentos interespecíficos. Para adoção desse sistema, os pecuaristas devem seguir alguns aspectos, como a verificação das condições de ambiente, em que a nova população de animais será explorada comercialmente; escolha das raças mais adequadas aos objetivos da exploração; definição das características que devem ser geneticamente melhoradas; controle zootécnico rígido; avaliação dos reprodutores, de preferência, nas mesmas condições de ambiente em que suas progênies serão criadas; e utilizar diferentes alternativas de cruzamentos envolvendo raças cujo potencial genético seja superior.

Considerando o texto acima sobre cruzamento, assinale a alternativa correta.

- a) Ocorre aumento de lócus em heterozigose.
- b) Ocorre aumento de lócus em homozigose.
- c) Ocorre diminuição de lócus em heterozigose.
- d) Ocorre diminuição de lócus em homozigose.
- e) As frequências de lócus em homozigose ou heterozigose são as mesmas.

3. Nos machos, a ferramenta biotecnológica reprodutiva é a inseminação artificial (IA). Os objetivos, ao se utilizar a IA, são maior disseminação de material com valor genético extremo, gerando produtos precoces em fertilidade, com alto ganho de peso e elevada produção leiteira; explorar raças não adaptadas à monta natural em clima tropical; possibilitar maior controle de doenças sexualmente transmissíveis; e diminuir o custo do produto final.

Entre os fatores genéticos que maximizam o uso da IA, assinale a alternativa correta.

- a) Quanto maior o σ_P , menor o DS .
- b) Quanto maior o i , menor o DS .
- c) Quanto menor o i , maior o DS .
- d) Quanto maior o i , maior o DS .
- e) Quanto menor o σ_P , maior o DS .

Referências

ABCZ - Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. PMGZ - video treinamento (Melhoramento Genético). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2KP_D72C1O4>. Acesso em: 9 jul. 2017.

GIR: Um animal ou uma raça de dupla aptidão? **Revista Agropecuária Tropical**, n. 68 (edição especial), maio/junho 1989. Disponível em: <<http://giroriginal.blogspot.com.br/2010/07/parte-1-gir-um-animal-ou-uma-raca-de.html>>. Acesso em: 9 jul. 2017.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ EDITORA, 2008.

ROSA, A do N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

Melhoramento genético em bovinos

Convite ao estudo

No decorrer da terceira unidade deste livro, teremos como foco a aplicação do melhoramento genético em bovinos de corte e leite.

Serão abordados conceitos sobre seleção pela aptidão; características utilizadas para formação do tipo ideal; características ambientais que alteram o desempenho produtivo; as principais raças de corte e leite criadas no Brasil e seus cruzamentos.

Ainda nesta unidade, abordaremos alguns testes utilizados na bovinocultura para identificar animais com genótipo extremo a partir de dados do próprio candidato e de dados da progênie. E, por fim, trataremos do agronegócio e da sua relação com o melhoramento genético.

Seção 3.1

Seleção de raças em bovinos

Diálogo aberto

Uma forma de apresentar uma raça a novos criadores, pecuaristas e até mesmo aos consumidores é expondo os melhores exemplares de cada raça em feiras de eventos. No Centro de Eventos Imigrantes, em São Paulo, são realizados alguns dos maiores eventos da pecuária nacional, por exemplo, FEICORTE e FEILEITE.

Durante os eventos, são ministradas palestras sobre a aptidão das raças de bovinos, características raciais a serem selecionadas e fatores ambientais que poderiam favorecer ou prejudicar a produção em determinadas áreas. Imaginemos que você é o prefeccionista de um desses eventos. Como definiria aptidão durante uma palestra? Quais características você listaria como importantes na produção de bovinos de corte e bovinos de leite?

Não pode faltar

A seleção pelo exterior dos bovinos, com base em sua forma e aparência, tem sido utilizada há centenas de anos. Para avaliação, o corpo do bovino pode ser dividido em: cabeça, pescoço, tronco e membros, com as seguintes constituições:

- Cabeça: nuca, fronte, testa, marrafa, chanfro, garganta, boca, focinho, chifres, orelhas, olhos, bochechas, narinas, ganachas ou mandíbula.
- Pescoço: bordo superior e bordo inferior, tábua direita e esquerda, goteira da jugular e barbela.
- Tronco: cernelha, giba ou cupim, dorso, lombo, ancas, garupa, cauda, ânus, perineo, peito, axilas, costado, flancos, ventre, virilhas, umbigo, bolsa escrotal, prepúcio ou bainha, vulva, úbere e tetas.
- Membros anteriores: espádua, braços, antebraços, joelhos, canelas, boletos, quartelas, coroas e cascos ou unhas.
- Membros posteriores: coxas, pernas, jarretes ou curvilhões, canelas, boletos, quartelas, coroas e cascos ou unhas.

O conjunto de características específicas de cada região levou ao estabelecimento de padrões raciais e à instituição de registros genealógicos reunidos em livros de raça. Hoje, sabemos que essa metodologia de seleção para características morfométricas foi – e continua sendo – funcional devido às correlações genéticas entre as características morfométricas e as características de desempenho produtivo.



Assimile

Os bovinos são animais ruminantes, cuja classificação zoológica é:

- REINO: **Animalia**
- FILO: **Chordatas** (vertebrados)
- CLASSE: **Mamalia** (mamíferos)
- ORDEM: **Artiodactyla** (dedos articulados)
- SUBORDEM: **Ruminantia** (ruminantes)
- FAMÍLIA: **Bovidae**
- SUBFAMÍLIA: **Bovinae**
- GÊNERO: **Bos**
- ESPÉCIE: **Bos taurus**
- SUBESPÉCIES: **Bos taurus taurus**

Bos taurus indicus

De acordo com Pereira (2008), tipo zootécnico é a conformação altamente utilizável em determinado gênero de exploração, independentemente da subespécie, e está intimamente relacionado à aptidão do animal em produzir carne ou leite ou, em determinadas situações, carne e leite (dupla aptidão).

Ao estabelecermos padrões de exterior, notoriamente, estamos preconizando um tipo ideal ou tipo verdadeiro, do termo em inglês *true type*, tanto em bovinos de corte quanto em bovinos de leite.

Pereira (2008) destaca as principais características da em função da aptidão dos bovinos da seguinte forma:

- Em gado de corte, as características exteriores estabelecidas no tipo ideal relacionam-se com bastante precisão à aptidão do animal, sendo elas:

- Conformação: forma cilíndrica, com corpo alongado e profundo.

- Aspecto geral: corpo musculoso e sem saliências ósseas.

- Cabeça: pequena, com focinhos largos, as narinas abertas e os olhos bem separados.

- Tronco: cilíndrico, com peito desenvolvido e não saliente.

- Tórax: amplo, costelas bem arqueadas e afastadas entre si.

- Garupa: comprida e larga em toda sua extensão.

- Membros: bem aprumados, com ossatura desenvolvida, mas não grosseira, e com boa cobertura muscular.

- Por outro lado, em gado de leite, ao avaliar o tipo ideal, observam-se a aparência geral do indivíduo quanto à harmonia e ao desenvolvimento do conjunto; o desenvolvimento compatível com a idade; as regiões do corpo devem ter passagens suaves, sem demonstrar fragilidade ou excesso de musculatura; feminilidade evidente; a pele deve ser flexível e macia, coberta de pelos finos, curtos e sedosos. Essas características são avaliadas com precisão pela avaliação pelo tipo do animal da seguinte forma:

- Conformação: a conformação de uma boa vaca leiteira lembra a forma de um triângulo, que tem como base os membros posteriores; como lados, as costelas e espáduas; e como vértice, a cabeça.

- Aspecto geral: animal que expressa feminilidade.

- Cabeça: fina e de tamanho médio, com chanfro e focinho largos, demonstrando boa capacidade respiratória; olhos grandes e brilhantes.

- Tórax: amplo, com costelas arqueadas e bem espaçadas, indicando boa capacidade respiratória.

- Cruz: bem definida e com pouca massa muscular, com ossatura desenvolvida, mas não grosseira, e com boa cobertura muscular.

- Dorso-lombo: linha dorso-lombo, longa e horizontal, formando uma ligeira crista.
- Abdômen: volumoso e bem colocado, indicando boa capacidade digestiva.
- Garupa: ampla e comprida, não muito musculosa.
- Úbere: de grande tamanho, bem distendido para adiante e de inserção alta no posterior; com quartos volumosos e simétricos.



Refleta

A produção de leite é uma característica ligada ao sexo. Somente as fêmeas expressam a produção de leite. Qual é a relação genética entre tipo e produção de leite para machos em raças especializadas em produção de leite? Qual é o tipo ideal em machos de bovinos leiteiros?

É importante salientar que a seleção por tipo tem por função principal preservar e melhorar as características exteriores de cada raça, e que, além dessas características, sejam consideradas, nos índices de seleção, características ligadas à produção (carne ou leite), procurando, assim, equalizar um denominador comum entre o lado estético e o lado funcional e econômico.

Devido ao aumento da renda per capita, o consumidor tem exigido maior padronização e qualidade dos cortes cárneos oferecidos nos pontos de comércio. Uma ferramenta que tem sido utilizada em programas de melhoramento em gado de corte é a avaliação morfológica por ultrassonografia, tanto para espessura de gordura subcutânea entre a 12ª e a 13ª vértebra torácica (região do contrafilé) quanto na região P8 (região da picanha). Na região do contrafilé, verifica-se, ainda, a quantidade de gordura intramuscular. A área delimitada pela seção transversal entre a 12ª e 13ª vértebra torácica do músculo também está altamente correlacionada ao peso ao abate e à quantidade de músculo do animal.



O setor da pecuária de corte no Brasil é dominado por animais da raça Nelore, no entanto, esses animais possuem carcaças com menores teores de gordura intramuscular. Essa característica propicia uma maior maciez e suculência ao corte bovino chamado de contra filé. Para melhorar a deposição de gordura intramuscular tem sido utilizados diretamente, e/ou em esquemas de cruzamentos, as raças Angus e Wagyu. No texto *Conheça as características das carnes Nelore, Angus e Wagyu*, publicado na Associação Brasileira de Zootecistas, estão descritas as características da carne de cada raça e sua relação com qualidade de carcaça (Disponível em: <<http://abz.org.br/blog/caracteristicas-carnes-nelore-angus-wagyu/>>. Acesso em: 11 ago. 2017).

A técnica de ultrassonografia é utilizada para avaliar parâmetros morfológicos reprodutivos, como diâmetros das glândulas acessórias e textura do testículo. A vantagem da ultrassonografia em relação às medidas diretas é que não há necessidade de abater os candidatos a reprodutores, o que inviabilizaria os programas de seleção, e também por usar medidas do próprio candidato em vez de dados de colaterais.

Em raças de bovinos de corte de grande porte, as quais apresentam maior velocidade de crescimento e tendem a acumular menos gordura na carcaça do que as de pequeno porte, tem sido mensurada a altura na garupa (íleos – no ponto da inserção lombo-sacra) em determinadas fases de crescimento, característica relacionada à curva de crescimento e ao tamanho adulto.

A utilização de um Sistema de Classificação Linear (SCL) em bovinos de leiteiros visa a produzir animais com tipo funcional, ou seja, produzir animais com padrão capaz de suportar altas produções durante muitas lactações.

O principal objetivo do SCL é identificar outras características associadas à longevidade, que é muito importante para criadores. As características morfométricas padrão do SCL são:

- Estatura: é tomada a altura na garupa (íleos), no ponto da inserção lombo-sacra.
- Profundidade do corpo: avaliado na parte central (no meio) de uma vaca. A profundidade das últimas costelas é a única medida

quando se avalia uma vaca para essa característica. Não se deixe influenciar pela estatura e pelo comprimento do corpo do animal, nem pelo comprimento de suas pernas.

- Ângulo da garupa: mensura-se a inclinação dos íleos para os ísquios. Não se deixe influenciar pela posição da cauda (posicionamento do sacro) ou pelo ângulo pélvico.

- Largura da garupa: distância entre as pontas dos ísquios.

- Posição das pernas posteriores: avalia-se o posicionamento das pernas posteriores, principalmente nas articulações correspondentes aos jarretes. A vaca é vista lateralmente. Não se deixe influenciar pela posição das pernas posteriores. A única comparação que deve ser notada e/ou medida é o grau de curvatura dos jarretes.

- Ângulo do pé: medida do ângulo do pé levando em conta a pinça da unha. Deve-se observar o talão. Não se deixe influenciar pelo comprimento das unhas. Meça o ângulo da parte superior do pé quando a unha estiver comprida. O ideal é um ângulo de 45°.

- Inserção dos ligamentos anteriores do úbere: mede-se a força dos ligamentos (o comprimento e a forma de inserção não são observados). Não se deixe influenciar pela profundidade do úbere. É possível ter uma vaca com úbere de muita capacidade que tenha ligamentos do úbere fortes.

- Altura do úbere posterior: mede-se a distância entre a parte inferior da vulva e a parte superior do tecido secretor de leite do úbere posterior. Somente a altura dos ligamentos é medida, não se levando em conta a forma e a largura.

- Ligamento central do úbere: mede-se unicamente a profundidade do sulco intermamário observado na parte inferior do úbere. O ponto exato para observar essa medida é entre os quartos posteriores do úbere. Não leve em conta o grau que o sulco se prolonga por trás do úbere.

- Colocação das tetas anteriores: avalia-se a colocação das tetas anteriores dos quartos mamários olhando-as por detrás da vaca. Não se deixe influenciar pela relação entre as tetas anteriores e as posteriores. Desconsidere as tetas posteriores e concentre sua atenção na colocação das tetas anteriores.

- Comprimento das tetas: avalie o comprimento das tetas sem considerar o diâmetro.

Os fatores que interferem na SCL são: idade (vacas mais velhas recebem pontuação maior do que vacas de 1ª cria); estação do ano (principalmente, quando se considera o sistema mamário); estágio de lactação (fator de maior variação, sendo o início e o final de lactação atribuídos a maior pontuação, e o meio de lactação atribuído a menor pontuação); classificador (geralmente, as diferenças entre os jurados são pequenas, sendo os itens que apresentam maiores divergências: as **pernas** e os **pés**); e o intervalo entre o parto e a classificação.



Assimile

No SCL, os dados devem ser ajustados para os efeitos de idade, estágio de lactação e estágio do ano. Os classificadores não devem fazer nenhum ajuste no momento da classificação.

A ordem de parição afeta significativamente as seguintes características:

- Úbere anterior.
- Profundidade do úbere.
- Altura e largura do úbere posterior.
- Forma do animal.
- Capacidade corporal.

As principais vantagens do SCL em bovinos de leite são:

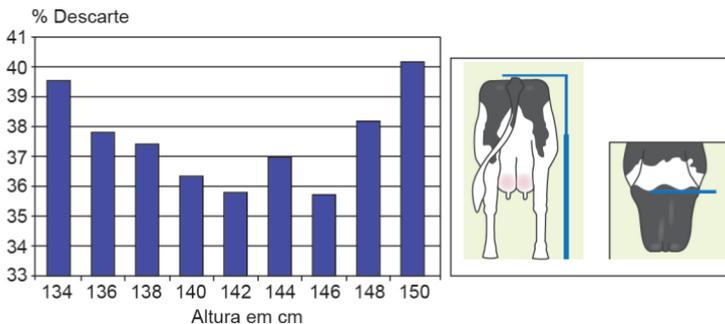
- Os escores cobrem de um extremo ao outro do animal, numa escala biológica.
- Descrição de cada característica, porém não faz a indicação do aspecto desejado.
- Permitir a remoção dos efeitos ambientais (idade, estágio de lactação e rebanho).
- Utilizar todos os dados no cálculo da média das filhas.
- Permitir maior representatividade relativa às diferenças entre vacas.



A partir de informações provenientes de 560 mil animais classificados no NRS – órgão responsável pelo controle zootécnico de 100% dos rebanhos da Holanda e da Bélgica, países que detêm o fantástico índice de possuírem a totalidade dos seus animais registrados e controlados – e dos quais já se dispunha de suas respectivas taxas de descarte, foi realizado um estudo com características mensuradas no SCL.

Os resultados do NRS comprovaram que, dentro de uma mesma população de bovinos da raça Holandesa, os animais mais eficientes são aqueles que apresentam estatura mediana, conforme pode ser observado na imagem a seguir.

Figura 3.1 | Efeito da estatura na taxa de descarte das matrizes da raça Holandesa (NRS)



Fonte: <<https://goo.gl/3RXeoX>>. Acesso em: 6 jun. 2017.

O gráfico que consta na Figura 3.1 mostra que animais de estatura mediana (142 cm) são os que apresentam a menor taxa de descarte. Os animais pequenos são descartados, em sua maioria, pela baixa capacidade produtiva. Já os animais grandes apresentam elevada taxa de descarte, uma vez que não conseguem sobreviver por muito tempo dentro dos rebanhos leiteiros.

Dessa forma, os estudos do NRS mostraram que a vaca leiteira funcional é aquela que apresenta estatura mediana, excelente conjunto de pernas e patas, aparelhos mamários bem aderidos ao corpo, com durabilidade positiva, e portadora de ótimas características produtivas e funcionais, mencionadas nas provas dos seus pais.

Assim, criou-se o conceito de "vaca harmônica", ou seja, aquela vaca capaz de conciliar as características funcionais desejáveis de tipo.

As características fenotípicas, como mencionadas nas seções anteriores, são controladas por fatores genéticos, ambientais e uma interação entre a parte genética e a parte ambiental. Entre os fatores ambientais que causam variações nas avaliações morfométricas, podemos citar:

- Ano de nascimento: diferenças em peso e medidas morfométricas têm sido creditadas à ação de fatores climáticos sobre os animais e as pastagens. As comparações devem ser feitas entre animais nascidos no mesmo ano.

- Mês de nascimento: os efeitos do mês de nascimento estão associados às condições climáticas em que há maiores flutuações na qualidade e quantidade das forragens disponíveis. As comparações entre os animais devem ser feitas entre os nascidos em meses que as condições gerais são mais uniformes.

- Sexo: em geral, os machos são sempre mais pesados do que as fêmeas. A seleção deve ser feita comparando animais do mesmo sexo.

- Idade da vaca: a idade da vaca interfere no peso dos animais. Há tendência de novilhas de 1ª cria ou de vacas velhas produzirem bezerros mais leves. O efeito da idade é mais pronunciado sobre o peso à desmama, diminuindo a partir daí. As comparações devem ser feitas entre animais filhos de vacas de idades semelhantes.

Para conseguir agrupar indivíduos em programas de avaliação genética, é indispensável o registro das informações zootécnicas nas fichas de controle (principalmente, referentes aos pesos em diversas etapas de vida dos animais e as características de reprodução) e armazenadas. A partir da escrituração zootécnica, estabelecem-se os grupos de contemporâneos, os quais são grupos de indivíduos nascidos em uma mesma época, pertencentes ao mesmo sexo e que vivem em um sistema de criação.

Sem medo de errar

Você, médico veterinário, foi convidado a ministrar uma palestra em uma grande feira de exposição de bovinos de corte e leite com o tema: Aptidão e características produtivas dos bovinos.

Inicialmente, você deverá apresentar o conceito tipo zootécnico, o qual é a conformação altamente utilizável em determinado

gênero de exploração, independentemente da subespécie, e está intimamente relacionado à aptidão.

A partir de então, conceituar aptidão como sendo a capacidade produtiva do animal, ou seja, na bovinocultura, produzir carne ou leite ou, em determinadas situações, carne e leite (dupla aptidão).

As características reprodutivas a serem avaliadas são:

- Nas fêmeas: fertilidade, puberdade, idade ao primeiro parto, intervalo entre partos, número médio de crias, entre outras.
- Nos machos: puberdade, circunferência escrotal, libido e capacidade reprodutiva de serviço, qualidade do sêmen, entre outras.

Já as características produtivas dependem da aptidão dos animais sob seleção. Animais destinados à produção de leite seguem a avaliação do SCL, enquanto os animais destinados à produção de carne podem ser classificados em função do sistema EPMURAS, se forem animais zebuínos.

Avançando na prática

Sistema de Classificação Linear

Descrição da situação-problema

Tiago é um produtor de leite na região do sul de Minas Gerais e é consciente de que a produção de leite, assim como as demais características de produção animal, depende da interação entre o tripé: genética, nutrição e manejo. A raça Holandesa foi escolhida por Tiago para produção de leite, e os produtores da região consideram suas vacas com um excelente padrão racial. Hoje, você é um juiz credenciado pela Associação Brasileira de Criação de Bovinos da Raça Holandesa e, em uma visita à propriedade de Tiago, é questionado sobre como é avaliado o SCL em bovinos de leiteiros. Você poderia explicar isso a Tiago?

Resolução da situação-problema

Você deve explicar a Tiago que o SCL em bovinos de leiteiros visa a produzir animais com tipo funcional, ou seja, produzir animais com padrão capaz de suportar altas produções durante muitas lactações.

Assim, o principal objetivo do SCL é identificar outras características associadas à longevidade, que é muito importante para os criadores. As características morfométricas padrão do SCL são: estatura; profundidade do corpo; ângulo da garupa; largura da garupa; posição das pernas posteriores; ângulo do pé; inserção dos ligamentos anteriores do úbere; altura do úbere posterior; ligamento central do úbere; colocação das tetas anteriores; e comprimento das tetas.

Lembrando a Tiago que, entre os fatores ambientais que interferem no SCL, estão: idade (vacas mais velhas recebem pontuação maior do que vacas de 1ª primeira cria); estação do ano (principalmente, quando se considera o sistema mamário); estágio de lactação (fator de maior variação, sendo o início e o final de lactação atribuídos a maior pontuação, e o meio de lactação atribuído a menor pontuação); classificador (geralmente, as diferenças entre os jurados são pequenas, sendo os itens que apresentam maiores divergências: as **pernas** e os **pés**); e o intervalo entre o parto e a classificação.

Dessa forma, a utilização do SCL em bovinos leiteiros é muito funcional e, devido às vacas do Tiago terem um excelente tipo racial, certamente é um rebanho produtivo e será bem classificado nas exposições da raça Holandesa.

Faça valer a pena

1. A utilização de um Sistema de Classificação Linear em bovinos de leiteiros visa a produzir animais com tipo funcional, ou seja, produzir animais com padrão capaz de suportar altas produções durante muitas lactações.

Entre as características listadas a seguir, qual é avaliada no Sistema de Classificação Linear:

- a) Espessura de gordura subcutânea.
- b) Marmoreio.
- c) Musculatura.
- d) Racial.
- e) Estatura.

2. Ao estabelecermos padrões de exterior, notoriamente, estamos preconizando um tipo ideal ou tipo verdadeiro, do termo em inglês *true type*, tanto em bovinos de corte quanto em bovinos de leite.

Entre as características exteriores estabelecidas relacionadas ao tipo ideal em gado de corte, é CORRETO afirmar:

- a) Conformação: forma triangular, com corpo alongado e profundo.
- b) Aspecto geral: corpo musculoso e sem saliências ósseas.
- c) Membros: bem apumados, com ossatura delicada.
- d) Garupa: curta e estreita em toda sua extensão.
- e) Tórax: amplo, costelas bem arqueadas e juntas entre si.

3. As características fenotípicas são controladas por fatores genéticos, ambientais e uma interação entre a parte genética e a parte ambiental. Entre os fatores ambientais que causam variações nas avaliações morfométricas, podemos citar ano e mês de nascimento, sexo do bezerro e idade da vaca.

Em função do texto-base, como são chamados os grupos de indivíduos nascidos em uma mesma época, pertencentes ao mesmo sexo e que vivem em um sistema de criação?

- a) Grupo de descendentes.
- b) Grupo de manejo.
- c) Grupo de contemporâneos.
- d) Grupos de idade.
- e) Grupo de filhos.

Seção 3.2

Raças

Diálogo aberto

Um grupo de visitantes se interessou por iniciar na atividade de bovinocultura de corte, e outro grupo na atividade de leite, após saírem dos respectivos eventos. Hoje, você, médico veterinário, é um consultor técnico para elaboração e implementação de projetos de bovinos de corte e leite. Faça uma lista com as raças de corte e de leite com suas principais características, vantagens e eventuais desvantagens para que esses visitantes iniciem na atividade.

Não pode faltar

A pecuária brasileira no setor de bovinos alcançou, em 2015 (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS IBGE, 2016), o recorde de 215,2 milhões de cabeças, número que mantém o Brasil como segundo maior rebanho bovino do mundo, ficando atrás apenas da Índia. Uma característica intrínseca do Brasil é a extensa dimensão territorial, o que faz com que as condições climáticas sejam diferentes em cada região do país, um verdadeiro desafio aos programas de melhoramento genético.

A definição do objetivo de um programa de melhoramento em bovinos passa por alguns questionamentos, como: qual raça se pretende criar? Qual produto final produzir: carne, leite ou ambos? Existe disponibilidade de ferramentas biotecnológicas de fácil acesso ou já implementadas na região? Qual é o mercado consumidor? Entre outros questionamentos já vistos neste livro e que são essenciais para o sucesso da criação.



Pesquise mais

Ao delinear um programa de melhoramento genético, traçam-se os objetivos e as metas, entre eles, a definição da raça a ser trabalhada é um dos pontos-chave.

Entre as raças sintéticas desenvolvidas no Brasil, a raça Canchim permite, por meio do desenvolvimento de novos sistemas de acasalamento, usar a seleção ocorrida nas suas raças formadoras, além da seleção na própria raça, como fator muito importante para o seu desenvolvimento. Para melhor compreensão dos diferentes sistemas de acasalamento para formação da raça Canchim, a ABCCAN ensina, por meio de tabelas, como estabilizar o grau genético a partir de animais Charoleses e Zebus.

Disponível em: <<http://www.abccan.com.br/canchim/index.php/araca.html>>. Acesso em: 11 jul. 2017.



Assimile

Durante o processo evolutivo por seleção natural, o bovino adquiriu particularidades morfofisiológicas para, a partir de então, conseguir aproveitar a celulose das forrageiras (gramíneas e/ou leguminosas), entre as quais estão o plano nasal, pulvino dental, língua grande e musculosa e estômago dividido em quatro compartimentos (rúmen, retículo, omaso e abomaso), sendo, talvez, esta última a mais importante adaptação morfofisiológica.

Dos quatro compartimentos, o rúmen e o retículo possuem a função de câmara de fermentação, a qual dá condições suficientes para que ocorra simbiose com uma flora microbiana (protozoários, leveduras e bactérias) que vai quebrar a celulose e gerar moléculas (ácidos graxos voláteis), as quais serão utilizadas pelos bovinos como fonte de energia. Dessa forma, a função do rúmen é essencial para bovinos no processo de degradação da fibra das forrageiras.

Mas adiante no processo evolutivo da espécie bovina, ocorreu a divisão em duas subespécies: animais zebrinos (*Bos taurus indicus*) e animais europeus (*Bos taurus taurus*).

De acordo com Pereira (2008), devido às condições ambientais, surgiram novas características morfofisiológicas peculiares a cada subespécie.

Animais zebuínos:

- Elevada tolerância ao calor.
- Grande resistência aos ecto e endoparasitos.
- Boa capacidade de adaptação ao regime de pasto.
- Período de gestação mais longo, com média de 292 dias.
- Orelhas geralmente grandes, largas e pendentes, quase sempre terminadas em ponta.
- Pescoço curto, estreito e com barbela ampla.
- Presença de cupim ou giba, sendo um dos caracteres mais importantes na diferenciação das subespécies.
- Tronco estreito.
- Membros longos e com menor cobertura muscular.
- Pele tem pigmentação abundante, com pelos curtos e lisos.

Animais europeus:

- Pequena tolerância ao calor.
- Menos resistentes aos ecto e endoparasitos.
- Período de gestação é relativamente menor do que no zebu, com média de 281 dias.
- Cabeça pequena, curta e bem larga entre os olhos.
- Orelhas pequenas ou médias, sempre arredondadas, e chifres curtos e geralmente finos.
- Pescoço curto e amplo, com barbela pouco desenvolvida.
- Ausência de cupim.

- Tronco desenvolvido, com peito largo e profundo, e costelas arqueadas, com excelente cobertura muscular.
- Grande capacidade digestiva.
- Membros curtos, com boa cobertura muscular.
- Pele menos elástica do que no zebu, e pelos mais longos.
- Geralmente precoce, sendo os machos enviados ao abate bastante jovens, e as fêmeas apresentam produtividade elevada.

Como mencionado na seção anterior, a aptidão do animal em produzir carne ou leite ou, em determinadas situações, carne e leite (dupla aptidão), é independente do tipo zootécnico (zebuíno ou taurino).

Entre as principais raças com aptidão para produção de carne, temos:

- **Nelore**

O nome se dá pela origem do distrito “Nelore”, da antiga província de Madras, estado de Andhra Pradesh, na costa oriental da Índia, local onde os primeiros animais foram embarcados para o Brasil. A história descreve que, em 1868, um casal desses animais foi comercializado em Salvador, advindo de um navio mercante que se destinava à Inglaterra. Dez anos mais tarde, em busca de animais exóticos, Manoel Ubelhart Lembgruber teve contato com a raça Ongole no Zoológico de Hamburgo. A partir de então, sucessivas importações foram feitas, sendo as duas últimas e importantes importações de reprodutores realizadas entre os anos de 1960 e 1962. Nesse período, desembarcaram grandes genearcas formadores das principais linhagens do Nelore atual, como: Kavardi, Golias, Rastã, Checukupadu, Godhavari, Padu e Akasamu (ACNB, 2017).

A raça passou por intenso processo de seleção em distintos programas de melhoramento genético, sendo direcionada quase que exclusivamente à aptidão de produção de carne, embora sua origem na Índia seja de produção leiteira. Cerca de 80% do rebanho

brasileiro é composto por animais de raças zebuínas, sendo que o Nelore participa com 90% dessa parcela.

Os animais apresentam estado geral sadio e vigoroso, com temperamento ativo. A ossatura é leve, robusta e forte, com musculatura compacta e bem distribuída. A pelagem é branca ou cinza-claro, sendo que os machos apresentam o pescoço e o cupim normalmente mais escuros. Os pelos são claros, curtos, densos e medulados.

Entre os pontos fortes da raça, podem-se destacar a rusticidade; resistência a endo e ectoparasitas; adaptabilidade nos ambientes mais impróprios; elevada longevidade reprodutiva (machos e fêmeas); rendimento de carcaça entre 50 e 52%; as fêmeas têm facilidade de parto e habilidade materna; e os bezerras Nelore são espertos.

As características indesejáveis na raça são: chifre excessivamente longo no macho; orelhas muito pesadas, com pontas curvas e faces internas voltadas para a cara; barbela reduzida no macho; peito estreito; giba tombada para um dos lados, pequena ou mal colocada nos machos; tórax deprimido; umbigo grande e penduloso; garupa excessivamente caída lateralmente ou para trás; ancas muito estreitas; cascos brancos; monorquidismo ou criptorquidismo; vulva atrofiada; cor preta, malhada de preto, vermelha, malhada de vermelho, amarela ou malhada de amarelo e/ou até despigmentação.

- **Guzerá**

A história do Kankrej, ou Guzerá, perde-se na origem da humanidade, tendo sido encontrados selos impressos em cerâmica e em terracota nos sítios arqueológicos de Mohenjo-Daro e Harappa, na Índia e no Paquistão, locais onde essa raça foi utilizada como meio de transporte na antiga Mesopotâmia (ACNB, 2017).

Foi a primeira raça zebuína a chegar ao país em 1870, pelo Barão de Duas Barras, surgindo como solução para arrastar os carroções carregados de café nas íngremes montanhas fluminenses e também para produzir leite e carne. Com o fim da escravatura, um intenso processo de seleção para as produções de leite e carne foi realizado na raça.

A raça serviu de base para a formação das raças brasileiras: Tabapuã, Pitangueiras, Lavínia e, especialmente, a raça em formação Guzolando (Guzerá x Holandês). Também foi importante na formação do Brahman (American Brahman).

Tem sido utilizada como base para a formação de raças nacionais devido à extrema adaptabilidade às condições brasileiras e resistência à seca. Popularmente, é conhecida como o gado ideal para toda sorte em cruzamentos.

Apresenta as seguintes características raciais: cabeça relativamente curta, larga e expressiva, com perfil subcôncavo a retilíneo; fronte moderadamente larga, subcôncava ou quase plana; olhos pretos e elípticos; chifres grandes em forma de lira e de cor escura; orelhas médias relativamente largas, pendentes e de pontas arredondadas, com a pele do interior alaranjada; focinho preto; barbela discretamente desenvolvida, de tamanho mediano, enrugada, terminando no externo.

Entre os pontos fortes da raça, podem-se destacar a rusticidade e adaptabilidade; conversão alimentar excelente – superior a outras raças zebuínas; habilidade materna; fertilidade e precocidade – fêmeas muito férteis e longevas (primeira cria: 24 a 30 meses).

Características indesejáveis são: prognatismo; cabeça longa e estreita; chanfro comprido e estreito; perfil convexo; chifres curtos e claros, que não possuem formato de lira, dirigindo-se para frente; espelho nasal despigmentado, total ou parcial, e com lábio leporino; giba caída para um dos lados, redonda e achatada; umbigo longo; garupa excessivamente inclinada e curta; cascos despigmentados; monorquidismo ou criptorquidismo; vulva despigmentada e/ou atrofiada; pelagem totalmente preta ou pintada; e pele despigmentada.



Um comparativo parcial entre o desempenho reprodutivo e produtivo entre as raças Nelore, Guzerá e Brahman está relacionado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 | ANCP em números: comparativo entre características reprodutivas e produtivas das raças Nelore, Guzerá e Brahman

| | Nelore | Guzerá | Brahman |
|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Reprodutivas | Médias | Médias | Médias |
| IPP | 37 meses | 37 meses | 36 meses |
| PG | 296 dias | 294 dias | 293 dias |
| Produtivas | Médias (kg) | Médias (kg) | Médias (kg) |
| P120 | 128 | 125 | 131 |
| P210 | 185 | 187 | 182 |
| P365 | 241 | 251 | 246 |
| P450 | 278 | 288 | 282 |
| PA | 466 | 489 | - |
| AOL | 53,33 cm^2 | 58,6 cm^2 | 57,47 cm^2 |
| ACAB | 3,77 mm | 4,14 mm | 3,57 mm |

IPP – Idade ao Primeiro Parto; PG – Período de Gestação; P – peso às diferentes idades em dias; PA – Peso ao Abate; AOL – Área de Olho de Lombo; ACAB - Acabamento de Carcaça.

Fonte: adaptada de Sumário da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (2017). Disponível em: <<https://goo.gl/XH8RDY>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Demais raças zebuínas importantes são: Gir, Indubrasil, Sindi, Tabapuã e Brahman.

- **Aberdeen (e Red) Angus**

A raça apresenta, aproximadamente, três séculos de seleção. Surgiu na Escócia e sua denominação deve-se aos condados onde se desenvolveu, nos quais já era famosa pela qualidade da carne, precocidade, rusticidade e habilidade materna. Destaca-se entre as raças taurinas por reunir um maior número de características positivas, o que lhe assegura um excelente resultado econômico como gado com aptidão para corte (ABA, 2017).

O Aberdeen Angus é uma raça produtora de carne marmorizada (com gordura intramuscular) e bom acabamento de carcaça (3–6 mm de espessura de gordura subcutânea), os quais são fatores que lhe

conferem os famosos maciez e sabor.

As características da raça são: cabeça pequena, ausência de chifres, tamanho médio, pescoço curto, orelhas de tamanho médio e cobertas de pelos, barbela pouco desenvolvida, corpo profundo e mais cilíndrico do que a maioria das raças, peito largo e com boa cobertura muscular, costelas arqueadas e espaçadas, garupa larga e extremamente musculosa.

Características indesejáveis da raça são: machos e fêmeas de pelagens que não sejam a negra e a vermelha; cor branca sobre a linha média, adiante do umbigo e nas extremidades; presença de chifres ou de cicatrizes no lugar dos chifres; extremidades excessivamente finas e a garupa demasiadamente curta e caída.

Demais raças taurinas importantes são: Canchim, Caracu, Senepol, Charolês, Blonde D'Aquitaine, Limousin, Simental, Pardo Suíço, Chianina, Sana Gertrudes, Piemontês, Hereford e Brangus.

Entre as principais raças com aptidão para leite, temos:

- **Gir**

A raça é originária da Índia e criada em estado de pureza nas regiões de Rayputana, Baroda e nas terras férteis das montanhas de Gir, ao Sul de Katiawhar. Foi introduzida no Brasil em 1911 e, desde então, exerce grande influência na maioria das propriedades pecuárias do país.

É a única raça de bovinos que apresenta como característica morfológica o perfil craniano ultraconvexo, jogando a linha da marrafa bem para trás. Existem 12 padrões de pelagens, variando entre fundo claro com pintas avermelhadas (chitas), ou de fundo vermelho com pintas chitas, diversificando por vários tons entre amarelo e vermelho-escuro. O cupim (ou giba) é bem saliente e avantajado nos machos.

Destaca-se pela produção leiteira com lactação média de 12 litros de leite por dia. As características indesejáveis são: cabeça muito pesada e assimétrica; prognatismo; chanfro com depressão convexa ou com desvios; chifres extremamente grossos, móveis, retos ou que se dirigem para baixo e despigmentado; lábio leporino; e barbela muito grande.

No Brasil, é utilizada para dar rusticidade à raça Holandesa por

meio de cruzamentos, gerando o mestiço leiteiro "Girolando".

- **Girolando**

A raça Girolando é considerada por muitos como a mais importante raça leiteira de clima tropical no mundo. Destaca-se pela rusticidade, precocidade, longevidade, fertilidade e alta capacidade de adaptação a diferentes tipos de manejo e climas.

A origem da raça se dá por volta das décadas de 1940 e 1950, no Vale do Paraíba, estado de São Paulo, quando um touro da raça Gir invadiu uma pastagem vizinha e cobriu algumas vacas da raça Holandesa, a qual predominava nos rebanhos daquela região. Ao nascerem os produtos daquele cruzamento, os criadores observaram que eram produtos totalmente diferentes dos animais contemporâneos das duas raças-base. Com o tempo, esses animais foram demonstrando várias características interessantes, como rusticidade, precocidade, vida útil, fertilidade, habilidade materna, aptidão para produção de carne e, principalmente, aptidão para a produção de leite.

Com essas qualidades, os pecuaristas começaram a realizar cruzamentos desordenados para obtenção do Girolando a partir de animais das raças Gir e Holandês, até que foram elaboradas, em 1989, as normas para formação da raça Girolando e, em 1996, foi aprovado o padrão racial. Esse fato permitiu trabalhar parâmetros objetivos, aumentando a eficiência nos processos seletivos do programa de seleção da raça. Por meio de quatro possíveis direcionamentos dos acasalamentos, ocorre a fixação do padrão racial na proporção genética de 5/8 Holandês + 3/8 Gir, consolidando a formação de uma raça pura sintética. A produção de leite da raça, ao utilizar objetivos claros de seleção, aumentou a média de produção de leite por vaca de 1.990 kg por lactação, em 1989, para 5.061 kg, em 2013.

Demais raças zebuínas importantes são: Guzerá e Sindi.

- **Holandesa**

Raça taurina com extrema aptidão para a produção de leite, porém pouco se sabe sobre a sua origem. Existem afirmações que a domesticação dessa raça aconteceu há 2000 a.C., na Holanda, em terras planas. Entre os meados de 1530 – 1535, presume-se

que essa raça foi introduzida no Brasil. Podemos considerar que existem três divisões na raça Holandesa distribuída, sendo elas: Frísia, Crominga e a variedade M.R.Y (Mosa, Reno e Yessel). A variedade Frísia é conhecida no Brasil como Holandês preto e branco, ou simplesmente raça Holandesa. Já a variedade M.R.Y. refere-se ao gado da raça Holandesa vermelho e branco, originária da parte oriental da Holanda, em Overijssel e Gueldre, nos vales dos rios Mosa, Reno e Yessel; e a Crominga são os animais que apresentam a cabeça branca (ABCBRH, 2017).

Na década de 1980, o Brasil possuía o maior rebanho de gado holandês preto e branco. A raça Holandesa é muito utilizada não só no Brasil, mas também em outros países, no cruzamento entre o Holandês e animais zebuínos, para formação de uma raça sintética com aptidão leiteira.

Em relação à produção de leite, podemos dizer, de uma maneira geral, que é a maior produtora leiteira, podendo atingir mais de 50 litros de leite ao dia, em 3 a 4 tiradas.

No entanto, entre as desvantagens dessa raça, estão frame e porcentagem baixa de gordura no leite, pontos que estão sendo intensificados nos programas de melhoramento genético da raça.

- **Jersey**

É originária de uma pequena ilha de apenas 11.655 hectares, no Canal da Mancha, entre Inglaterra e França, na região da Normandia, denominada Ilha de Jersey, e pertencente à Grã-Bretanha. Sua origem pode ter sido a partir das raças do cruzamento do pequeno gado negro da Bretanha com os grandes bovinos vermelhos da Normandia. Mediante rigorosa seleção, fixou-se um tipo uniforme com as atuais características, tornando-a a raça que mais manteve seu estado de pureza.

Em 1734, a raça já era caracterizada como excelente produtora de leite; em 1763, foram decretadas leis que proibiam a entrada na Ilha de Jersey de qualquer animal vivo que pudesse transmitir doenças aos seus bovinos. No Brasil, o gado Jersey foi introduzido no Rio Grande do Sul pelo grande pecuarista Joaquim Francisco de Assis Brasil, que formou seu primeiro criatório na Granja de Pedras Altas, no então município de Herval, atual Pedras Altas, sobre o afixo Itaevaté (Pedras Altas, em tupi-guarani).

A produtividade é considerada boa para a produção de leite, podendo chegar a produzir de 15 a 25 litros de leite por dia. A raça Jersey é considerada um dos melhores bovinos leiteiros em termos de qualidade do leite, o qual pode conter entre 4% e 6% de teor de gordura, quase o dobro quando comparado com a raça Holandês. Assim, pode-se concluir que existe um maior interesse no leite da raça Jersey nos laticínios devido ao seu maior teor de gordura. Essa raça também se destaca no alto índice de proteína no leite.

A raça Jersey vem crescendo bastante no Brasil por sua boa produtividade e qualidade no leite.

Demais raças taurinas importantes são: Caracu, Simental, Guernsey, Pardo Suíço, Ayrshire, Normando e Pitangueiras.



Refleta

Como podemos observar, algumas raças utilizadas na pecuária de corte e leite são oriundas de cruzamentos entre raças zebrúinas e taurinas. Tendo em vista o conhecimento adquirido até o momento, qual raça você pode indicar como base para formação de uma nova raça? Por quê?

Um passo interessante na determinação da escolha de uma raça a ser criada é conhecer as opções disponíveis no mercado.

Entre as raças de aptidão para produção de corte, podemos listar:

Abeeden Angus e Red Angus: peso médio para as fêmeas é 550 kg, e para os machos, 800 kg; pelagem negra, uniforme, lustrosa, admitindo-se, porém, a pelagem ligeiramente fosca; manchas brancas são indesejáveis; pelagem vermelha é conhecida como Red Angus; pelos abundantes, sedosos e finos; mucosas escuras e cascos pretos; ausência completa de chifres (qualquer vestígio de chifres desqualifica o animal); não possui marmoreio na carcaça; membros notadamente curtos e finos, bem afastados e apurados; cascos são pequenos e circulares; ótima fertilidade.

Charolês: originária da França, é a melhor raça francesa de corte; possui boa distribuição de gordura na carcaça; peso médio para as fêmeas é 700 kg, e para os machos, 900 kg; pelagem branca ou creme, uniforme e não se permite qualquer outra cor; pelos finos, suaves, apresentando um aspecto lanoso às vezes; mucosas róseas, não devendo ter pigmento algum; chifres brancos, cor marfim e com pontas escuras; cascos claros, grandes e fortes; rendimento de carcaça: 58-62%; carcaça com cobertura de gordura muito bem distribuída.

Canchim: raça sintética originária do Brasil por meio de acasalamentos entre animais Zebu e Charolês – Charolês (5/8) com Zebu (3/8). A constituição do Zebu é: Indubrasil (79,3%); Guzerá (12,1%) e Nelore (8,6%). Os principais criatórios estão localizados nos estados de São Paulo e Paraná. Pelagem creme, uniforme, com pelos curtos e pele escura, admitindo-se a coloração branca, cinza-claro e manchas claras. Nas regiões de alta insolação, admite-se o gado com pelagem acinzentada. Animal rústico, precoce, bom ganhador de peso, com boa qualidade de carne e carcaça; e rendimento de carcaça entre 57 a 63% do peso vivo.

Entre as raças de aptidão para produção de leite, podemos listar:

Girolando: considerada por muitos a mais importante raça leiteira de clima tropical no mundo. Destaca-se pela rusticidade, precocidade, longevidade, fertilidade e alta capacidade de adaptação a diferentes tipos de manejo e clima.

Com essas qualidades, os pecuaristas começaram a realizar cruzamentos desordenados para obtenção do Girolando a partir de animais das raças Gir e Holandês, até que foram elaboradas, em 1989, as normas para formação da raça Girolando e, em 1996, foi aprovado o padrão racial, fato que permitiu trabalhar parâmetros objetivos, aumentando a eficiência nos processos seletivos do programa de seleção da raça.

Por meio de quatro possíveis direcionamentos dos acasalamentos ocorre a fixação do padrão racial na proporção genética de 5/8 Holandês + 3/8 Gir, consolidando a formação de uma raça pura sintética. A produção de leite da raça, ao utilizar objetivos claros de seleção, aumentou a média de produção de leite por vaca de 1.990 kg por lactação, em 1989, para 5.061 kg, em 2013.

Holandesa: raça taurina com extrema aptidão para a produção de leite, porém pouco se sabe sobre a sua origem. Pode-se considerar que existem três divisões na raça Holandesa distribuída, sendo elas: Frísia, Crominga e a variedade M.R.Y (Mosa, Reno e Yessel). A variedade Frísia é conhecida no Brasil como Holandês preto e branco, ou simplesmente Raça Holandesa. Já a variedade M.R.Y. refere-se ao gado da raça Holandesa vermelho e branco, originária da parte oriental da Holanda, em Overijssel e Gueldre, nos vales dos rios Mosa, Reno e Yessel; e o Crominga são os animais que apresentam a cabeça branca. Podemos dizer, de uma maneira geral, que é a maior produtora leiteira, podendo atingir mais de 50 litros de leite ao dia, em 3 a 4 tiradas. No entanto, entre as desvantagens dessa raça, estão frame e % baixa de gordura no leite, pontos que estão sendo intensificados nos programas de melhoramento genético da raça.

Jersey: originária de uma pequena ilha de apenas 11.655 hectares, no Canal da Mancha, entre a Inglaterra e França, na região da Normandia, denominada "Ilha de Jersey", e pertencente à Grã-Bretanha. A produtividade é considerada boa para a produção de leite, podendo chegar a produzir de 15 a 25 litros de leite por dia, podendo conter entre 4 e 6% de teor de gordura, quase o dobro quando comparado à raça Holandesa.

Avançando na prática

Girolando

Descrição da situação-problema

Jair, 25 anos, quer investir em uma propriedade rural e produzir leite. Ao conversar com pecuaristas sobre as raças com aptidão leiteira, definiu que quer trabalhar com animais da raça Girolando. No entanto, ao ir comprar animais, observou, na prática, que há uma grande variabilidade em relação ao grau genético dos animais, o que gerou dúvidas sobre qual animal deve comprar inicialmente. Como você esclareceria para Jair sobre o cruzamento e a estabilização do grau genético da raça Girolando?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, para elucidar as dúvidas de Jair, você deve retornar às informações da formação da raça Girolando.

Essa raça surgiu pelo cruzamento de animais das raças Holandês e Gir na década de 1940. O produto desse cruzamento, no início, não foi intencional, mas os animais, frutos desse acasalamento, tiveram excelentes resultados nas nossas condições climáticas. A partir de então esse cruzamento aumentou e tem a finalidade de explorar a heterose e complementariedade, principalmente em relação às características da produção de leite, fertilidade e adaptabilidade (resistência ao calor e a ecto e endoparasitas). A escolha de reprodutores para formação da primeira geração (F_1) deve ser de rebanhos elite para obter a heterose máxima entre as raças. Pensando dessa forma, vale lembrar a Jair que a raça Holandesa é maior e está sobre um processo de seleção há mais tempo, especialmente em relação à seleção de touros, sendo vantajoso procurar animais cuja formação inicial é de touros de animais da raça Holandesa e vacas Gir com aptidão leiteira. E com relação ao cruzamento, no início, esclareça a Jair a definição de puro sintético. Puro sintético é a estabilização do grau genético em $\frac{5}{8}$ Holandês + $\frac{3}{8}$ Gir. A partir de então mostre que, para se estabilizar o grau genético em puro sintético na raça Girolando, devido ao tempo de seleção já praticado, existem sete diferentes formas descritas: desde a utilização de touros Holandeses e vacas Gir, e vice-versa, até a utilização de touros Girolando (puros sintéticos). Essas estratégias de cruzamentos estão disponíveis na página da Associação Brasileira dos Criadores de Girolando (Disponível em: <http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/girolando,2,pt>). Acesso em: 11 ago. 2017).

Com essas informações, Jair poderá iniciar a produção de leite na raça Girolando de forma consciente, comprando animais com grau genético favorável ao manejo ambiental que vai investir em seu novo negócio.

Faça valer a pena

1. A raça Jersey é originária de uma pequena ilha de apenas 11.655 hectares, no Canal da Mancha, entre a Inglaterra e França, na região da Normandia, denominada "Ilha de Jersey", e pertencente à Grã-Bretanha. Sua origem pode ter sido a partir das raças do cruzamento do pequeno gado negro da Bretanha com os grandes bovinos vermelhos da Normandia. Mediante rigorosa seleção, fixou-se um tipo uniforme com as atuais características, tornando-a a raça que mais manteve seu estado de pureza.

Em relação à raça Jersey, é CORRETO afirmar:

- a) Possui pelagem parda e aptidão para produção de carne.
- b) Possui pelagem preta e branca e aptidão para produção de carne.
- c) Possui pelagem preta e branca e aptidão para produção de leite.
- d) Possui pelagem parda e aptidão para produção de leite.
- e) Possui pelagem parda e aptidão para produção de carne e leite.

2. A raça Gir é originária da Índia e criada em estado de pureza nas regiões de Rayputana, Baroda e nas terras férteis das montanhas de Gir, ao sul de Katiawhar. Foi introduzida no Brasil em 1911 e, desde então, exerce grande influência na maioria das propriedades pecuárias do país.

Em relação à raça Gir, é CORRETO afirmar que possui:

- a) Perfil craniano côncavo.
- b) Perfil craniano ultraconvexo.
- c) Perfil craniano convexo.
- d) Perfil craniano subcôncavo.
- e) Perfil craniano retilíneo.

3. A história do Kankrej, ou Guzerá, perde-se na origem da humanidade, tendo sido encontrados selos impressos em cerâmica e em terracota nos sítios arqueológicos de Mohenjo-Daro e Harappa, na Índia e no Paquistão, locais onde foram utilizados como meio de transportes na antiga Mesopotâmia.

Em relação à raça Guzerá, é CORRETO afirmar que possui:

- a) Aptidão exclusiva para produção de leite.
- b) Aptidão exclusiva para produção de carne.
- c) Aptidão para produção de carne e leite.
- d) A cabeça em forma de ataúde.
- e) A orelha em forma de lança.

Seção 3.3

Resultados do melhoramento genético

Diálogo aberto

A cadeia produtiva da pecuária de corte e leite passa por momentos de alta e baixa de preço em função da oferta e demanda nacional e internacional. Para contornar essa situação, escolher o melhor momento para produzir é fundamental. Você poderia nos ajudar a listar os fatores que alteram o mercado de carne e leite?

Não pode faltar

Na bovinocultura, como mencionado, Robert Bakewell (1725-1795), na década de 1780, foi o pioneiro na tabulação de informações de desempenho e da genealogia. Com a utilização da escrituração zootécnica, principalmente no tocante ao registro genealógico, os resultados tomaram proporções significativas e possibilitaram a implementação de metodologias mais acuradas no processo de melhoramento genético (WYKES, 2004).



Assimile

No transcorrer do material didático, demos ênfase ao modelo genético básico que explica a observação do fenótipo, sendo explicado pela equação:

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Ambiente} + \text{Genótipo} * \text{Ambiente}$$

Neste capítulo, daremos atenção ao fator genótipo.

Fração da expressão fenotípica que pode ser derivada em:

$$G_i = A_i + D_i + I_i$$

Em que G_i é o valor genotípico do indivíduo i ; A_i é o efeito genético aditivo dos locos do indivíduo i ; D_i é o efeito do desvio de dominância

dos locos do indivíduo i ; I_i é o efeito da epistasia entre alelos de diferentes locos do indivíduo .

Programas de melhoramento genético se concentram no componente genético aditivo (A_i), sendo esse componente utilizado no cálculo da herdabilidade no sentido restrito. Como vimos, a herdabilidade das características fornece as estimativas da correlação entre o valor genotípico e o valor fenotípico do indivíduo, ou seja, quanto maior for esse parâmetro, maior será a precisão da estimativa do genótipo a partir do fenótipo.

Uma das metodologias de seleção aplicada em programas de melhoramento genético em bovinos é o teste de progênie. Ele é uma forma de mensurar o valor genético aditivo (VGA) dos reprodutores pelo desempenho produtivo da sua progênie. Essa metodologia é utilizada devido ao tipo de produto que se deseja obter, por exemplo, o leite. Características ligadas ao sexo limitam a mensuração direta no candidato à seleção.

Há uma relação direta entre o VGA e o desempenho produtivo médio de seus filhos quando são comparados com a média da população. O valor genético animal é duas vezes a diferença esperada na progênie.



Exemplificando

Em termos numéricos, se a produção de leite na primeira lactação, por exemplo, é de 20 kg de leite por dia, e a progênie do reprodutor apresenta uma produção de 22 kg de leite por dia, o seu valor correspondente em valor genético é de 24 kg de leite por dia para primeira lactação.

Lembrando que DEP é a diferença esperada na progênie e diz respeito à superioridade média dos filhos de um reprodutor em relação à média da população.

Dessa forma, a DEP para produção de leite na primeira lactação é:

$$DEP = \overline{\mu_{filhas}} - \overline{\mu_{população}}$$

$$DEP = 22 - 20$$

$$DEP = 2\text{kg}$$

E como o VGA é 2x a DEP, o genótipo do reprodutor é expresso em 24 kg de leite na primeira lactação:

$$VGA = \frac{\mu_{população}}{2} + 2 * DEP$$

$$VGA = 20 + 2 * 2$$

$$VGA = 20 + 4$$

$$VGA = 24kg$$

De uma forma objetiva, o teste de progênie é indicado para características de baixa herdabilidade (por exemplo, características reprodutivas), características ligadas ao sexo (por exemplo, produção de leite) e quando a população é grande e com utilização de biotecnologias reprodutivas, assegurando o máximo ganho genético por unidade de tempo $\left(\frac{\Delta G}{t}\right)$.

No entanto, é uma metodologia com elevado custo e que, normalmente, é implementada por ações governamentais e associações de raça, com o auxílio dos criadores. Outras situações limitantes na prática são: aumento do intervalo de geração, reduzindo a taxa anual de progresso genético; e dificuldade de manter a escrituração zootécnica e as condições ambientais em nível de campo em todas as fazendas.

Tomemos, novamente, a seleção de touros jovens para programas de melhoramento genético em bovinos de leite. Além de o sucesso do teste estar relacionado ao tamanho da população da raça a ser trabalhada (o que permite alterar a intensidade de seleção em função do número de candidatos), é o método mais eficiente e acurado para avaliar o valor genético aditivo (VGA) dos reprodutores. Entre os ajustes para formação do grupo de contemporâneos de vacas filhas de candidatos à predição do VGA, temos:

- Diferenças por causa do rebanho.
- Mês e/ou ano de parição.
- Idade da vaca.
- Número de ordenhas.
- Período de lactação.

A utilização de biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial (IA), em metodologias de seleção se dá, em bovinos,

devido ao pequeno tamanho dos rebanhos, baixa taxa reprodutiva, altos intervalos de gerações e características ligadas ao sexo. A IA possibilita a transmissão de alelos favoráveis ao incremento das características de rebanhos elite para rebanhos comerciais de forma ampla e democrática.

Como consequências da IA para o teste de progênie, em bovinos, podemos citar:

- Progênie mais numerosa por reprodutor.
- Distribuição das progênies em diferentes rebanhos e climas.
- Maximização de touros jovens.
- Maior intensidade de seleção.
- Utilização de reprodutores de forma maior e mais eficiente.

A estimativa da precisão do teste de progênie (PTP) é dada pela equação:

$$PTP = \frac{h}{2} * \sqrt{\frac{n}{1+(n-1)*t}}$$

Em que: h é a raiz quadrada da herdabilidade da característica no sentido restrito; n é o número de progênies do reprodutor; e t corresponde a $\frac{1}{4}$ da herdabilidade da característica.

Dessa forma, h representa a acurácia da seleção segundo a herdabilidade da característica, ou seja, é a correlação entre valor genético e valor fenótipo de um indivíduo. Veja a derivação:

$$r_{AP} = \frac{\sigma_{(AP)}}{\sigma_A * \sigma_P} = \frac{\sigma_{(AA+P+E)}}{\sigma_A * \sigma_P} = \frac{\sigma_{(AA)}}{\sigma_A * \sigma_P} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A * \sigma_P} = \frac{\sigma_A}{\sigma_P} = h \Leftrightarrow h = \sqrt{h^2} = \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}}$$

Em geral, para se obter uma boa PTP, são necessários de 10 a 15 progênies, uma vez que progênies muito numerosas limitam o número de reprodutores em teste, menor intensidade de seleção. O ideal é ter um balanceamento entre número de progênies e nível de acurácia de seleção segundo a herdabilidade da característica.

Na Tabela 3.2, podem ser obtidos valores de PTP em função do número de progênies e da acurácia da seleção segundo a herdabilidade por reprodutor.

Tabela 3.2 | Valores de precisão do teste de progênie em função do número de progênies e da acurácia da seleção segundo a herdabilidade por reprodutor

| Número de Progênie | Acurácia da seleção segundo a herdabilidade | | | | | |
|--------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,60 | 0,70 |
| 5 | 0,34 | 0,46 | 0,54 | 0,60 | 0,68 | 0,72 |
| 10 | 0,45 | 0,58 | 0,67 | 0,73 | 0,79 | 0,82 |
| 15 | 0,53 | 0,66 | 0,74 | 0,79 | 0,85 | 0,87 |
| 20 | 0,58 | 0,72 | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 0,90 |
| 25 | 0,63 | 0,75 | 0,82 | 0,86 | 0,90 | 0,92 |
| 30 | 0,66 | 0,78 | 0,84 | 0,88 | 0,92 | 0,93 |
| 35 | 0,69 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,93 | 0,94 |
| 40 | 0,71 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,94 | 0,95 |
| 45 | 0,73 | 0,84 | 0,89 | 0,91 | 0,94 | 0,95 |
| 50 | 0,75 | 0,85 | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,96 |

Fonte: Lasley (1978).



Pesquise mais

Para entender como é realizado, na prática, um teste de progênie em bovinos, recomendamos a leitura do material *Como são feitos os testes de progênie (provas de touros)*, escrito por Reginaldo Santos e André Bruzzi Corrêa, durante o III Simpósio Nacional de Melhoramento Genético.

Nesse material, os autores descrevem quais são os objetivos de seleção em bovinos de leite, como é distribuído o sêmen dos animais a serem testados, o intervalo para ser utilizado esse sêmen, além das características a serem mensuradas e formas de interpretação dos resultados do teste em função da base genética.

Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iii/palestras/pdfs/iip26.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

Em gado de corte, como a maioria, as características sobre seleção podem ser avaliadas diretamente no indivíduo e, normalmente, elas apresentam alta herdabilidade. Para se identificar indivíduos geneticamente superiores com este perfil de característica, um teste de desempenho nos indica com boa acurácia o valor genético aditivo dos indivíduos.

O conhecimento das características sobre seleção em um teste de desempenho é fundamental para se controlar erros inerentes à característica. Podemos enumerar como características mensuráveis em gado de corte:

- Taxa de crescimento: para se avaliar essa característica, são realizadas mensurações morfométricas, por exemplo, altura da garupa, ou são avaliados os pesos de tempos em tempos determinados. Com esses dados, infere-se uma curva de crescimento, na qual são avaliados os parâmetros de crescimento.

- Eficiência de conversão alimentar: essa característica expressa a capacidade do animal de converter quilos de ingestão de alimento em quilos de produtos (no caso, a carne). A diferença na eficiência de conversão alimentar para a mesma dieta pode ser explicada por diferenças no tamanho do trato gastrointestinal, exigência de manutenção, peso metabólico e proporção de tecido magro e gordo.

- Apetite: ligado ao número de vezes que o animal se desloca ao cocho para a ingestão de alimento.

- Qualidade de carcaça: é relacionada a quatro grupos de características:

- Visuais: cor, relação gordura: músculo e marmoreio etc.

- Organolépticas: textura, sabor, aroma e suculência etc.

- Nutricionais: perfil de ácidos graxos e aminoácidos, minerais, vitaminas etc.

- Segurança alimentar: resíduos de antibióticos, pesticidas e parasitos etc.

- Características funcionais: peso ao nascimento, tamanho adulto, temperamento, tipo e conformação, e características reprodutivas.

Uma vantagem do teste de desempenho em relação ao teste de progênie é que, como as características são mensuradas no próprio candidato, na seleção, há um ganho genético por diminuir o intervalo de gerações. Outra vantagem do teste de desempenho é o local a ser desenvolvida a prova com os grupos de contemporâneos, podendo ser na própria fazenda ou em centrais de avaliação.

As vantagens e desvantagens da utilização dos testes de

desempenho em fazendas e em centrais, em confinamento ou a pasto, foram discutidas anteriormente (veja o material didático na seção Seleção).



Refleta

O Brasil detém um dos maiores rebanhos de corte mundial. Esse número é fruto de intenso trabalho dos pecuaristas e dos sistemas de produção desempenhados no atual cenário da pecuária de corte. Para intensificar a produtividade do setor, são comercializados touros jovens no mercado. O que você recomendaria para pecuaristas fornecedores e compradores de material genético: provas de desempenho a pasto ou em confinamento?

O melhoramento genético dos rebanhos brasileiros tem sido praticado com sucesso há muitos anos por meio do uso das informações de fenótipo dos indivíduos e da progênie, identificando, entre os candidatos à seleção na população, os animais com valor genético aditivo extremo. A avaliação genética dos indivíduos, baseada em testes de desempenho fenótipo, é fortemente influenciada por fatores de meio ambiente, como o manejo alimentar, o reprodutivo e o sanitário. Condições climáticas, como tipo de solo e o conforto térmico, também interferem diretamente no cálculo do valor genético aditivo de cada animal, mascarando o seu real valor.

Sabemos que o boi gordo e o leite em pó são commodities, ou seja, seus preços são regulados por estoques de novilhos de reposição e estacionalidade de produção de leite não apenas no Brasil, mas ao redor do mundo. Além da alta e baixa na oferta de produtos no mercado, na atualidade, há uma atenção maior em relação às condições ambientais de criação dos animais domésticos destinados à produção de proteína animal. Características ligadas ao menor impacto ambiental foram criadas e inseridas nos atuais programas de melhoramento genético da pecuária nacional de corte e leite. Indicadores como o uso de terras e liberação de gases de efeito estufa estão entre os principais aspectos relacionados aos impactos ambientais provocados pela pecuária.

Entre os critérios criados em programas de melhoramento genético em bovinos, podemos citar o rastro ou a pegada

ecológica, sendo uma abordagem que permite comparar sistemas de produção de pecuária de corte por meio de um indicador único, a relação área/emissões.

No agronegócio, os indicadores de eficiência produtiva e ambiental têm sido utilizados sob o conceito de sustentabilidade do sistema de produção, em que:

- Eficiência produtiva é um sistema capaz de produzir o máximo de unidade do produto em um menor tempo, em uma determinada área e com o menor investimento de recursos possível. Está diretamente relacionada ao tipo de clima, solo, relevo, tradição da região, grau de profissionalismo, utilização de mão de obra contratada ou familiar, dificuldade de acesso, grau de tecnologia embutida, entre outros aspectos.

- Eficiência ambiental está diretamente relacionada à anterior, mas com menor prejuízo aos recursos naturais disponíveis, ou seja, produzem mais produto (carne ou leite) por área ocupada, geram menos resíduos por unidade produzida (carne ou leite) e usam, de forma racional (pecuária e agricultura de precisão), os insumos externos.

Dessa forma, hoje os programas de melhoramento reúnem equipes multidisciplinares que permitem a avaliação do melhor animal para determinada situação, com menor impacto residual ao sistema ambiental, atendendo à demanda da sociedade por produtos com menor impacto ambiental.

Na pecuária nacional, saber reconhecer parâmetros de efeito simultâneo de oferta e demanda de produtos (carne ou leite) é importante. Como os bovinos são animais ruminantes e com oferta limitada de forragem durante parte do ano (6 meses com sobra de volumoso e 6 meses com déficit de volumoso), um grande quesito é dimensionar o rebanho produtivo em função da disponibilidade de forragem, menor custo em relação à utilização de concentrado.

Outro fator importante é reconhecer o produto e o nível tecnológico de processamento na região de demanda, por exemplo, carne in natura ou maturada, ou leite integral ou derivados lácteos.

Informações sobre o mercado externo, mesmo que sua produção seja para o mercado interno, pois o boi gordo e o leite em pó, por serem commodities, o preço no mercado internacional

influencia diretamente no preço interno.

E, por último, a variação intrínseca à atividade desenvolvida, o famoso ciclo produtivo da pecuária em que, de tempos em tempos, há excesso e escassez de produtos no mercado.

Fatores que diretamente vêm alterando as metas dos programas de melhoramento genético em bovinos pela maior taxa de reposição ou descarte, influenciando na intensidade de seleção em determinadas épocas, como:

- Sanidade.
- Rastreabilidade.
- Integração da cadeia.
- Fornecimento de insumos e equipamentos.
- Produção primária.
- Processamento do produto de origem.
- Valor de venda.
- Volume de produção.
- Concorrência.
- Previsão de produção.
- Distribuição.
- Consumidor final.

Para ser competitiva, a pecuária de corte e leite no Brasil precisa atender a uma regra geral, que já é realidade na suinocultura e avicultura: produzir produtos de qualidade, a custo baixo, em cadeias produtivas bem organizadas, que possam atender às exigências do mercado global.

Sem medo de errar

A pecuária nacional oferta, ao mercado, produtos como carne e leite. O valor pago por esses produtos são estabelecidos ao redor do mundo, ou seja, são commodities. Entre fatores que regem o mercado de carne e leite, podemos listar:

- Sanidade.
- Rastreabilidade.
- Integração da cadeia.
- Fornecimento de insumos e equipamentos.
- Produção primária.
- Processamento do produto de origem.
- Valor de venda.
- Volume de produção.
- Concorrência.
- Previsão de produção.
- Distribuição.
- Consumidor final.

Para ser competitiva, a pecuária de corte e leite no Brasil precisa atender a uma regra geral, que já é realidade na suinocultura e avicultura: produzir produtos de qualidade, a custo baixo, em cadeias produtivas bem organizadas, que possam atender às exigências do mercado global.

Avançando na prática

Teste de progênie

Descrição da situação-problema

Luciano é um grande produtor de leite na cidade de Carmo de Minas, no estado de Minas Gerais. A produção é baseada em vacas da raça Holandesa com elevada pontuação para tipo e produção média. O programa de seleção praticado na fazenda de Luciano, no ano de 2017, consagrou-o como o segundo melhor criador na premiação da Associação Mineira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, evento no qual foram premiados os melhores criadores que tiveram o seu rebanho em destaque nas exposições ranqueadas da raça. Mais de 400 pessoas, entre associados e convidados, abrilhantaram a festa. Uma verdadeira vitrine para os rebanhos! Com a visibilidade, Luciano pretende entrar em um novo ramo da atividade: venda de tourinhos provados. Para isso, ele precisará de auxílio para entender as avaliações de touros

jovens e o funcionamento das provas. Você poderia esclarecer a Luciano qual teste é utilizado para selecionar touros com aptidão leiteira e onde é praticado?

Resolução da situação-problema

Ao iniciar a conversa, você deve esclarecer a Luciano que, mesmo os machos de aptidão leiteira não expressando o fenótipo produção de leite em sua constituição genética, podem possuir genes com alelos favoráveis ao incremento da característica. Ou seja, é uma característica com expressão ligada ao sexo. Quando a característica não pode ser medida em um sexo, como produção de leite, se faz a medição da produção de sua mãe, avó, bisavós paternas, irmãs e filhas, sendo que o mais indicado é realizar a avaliação em suas filhas, chamado de teste de progênie.

As filhas desse candidato à seleção realmente devem expressar o potencial genético médio do touro quando comparadas à média das filhas de outros touros sob avaliação.

O custo de um teste de progênie é alto em relação à seleção por desempenho praticada dentro do rebanho por genealogia aos ancestrais (avaliação da mãe, avó e bisavós paternas) e colaterais (avaliação das irmãs), além de aumentar o intervalo de gerações (refletindo no ganho genético anual). No entanto, o aumento na acurácia dos animais sob teste de progênie contrapõe de forma positiva o custo da realização do teste e o aumento do intervalo de gerações.

Atualmente, existem diversas empresas especializadas na realização do teste. Há também o auxílio das associações de raça e incentivo governamental, por meio de instituições de pesquisa, como a EMBRAPA, e universidades, que de forma recorrente inovam com tecnologias que podem direcionar a escolha dos candidatos, como exemplo, a utilização de seleção assistida por marcadores.

Faça valer a pena

1. A inteligência artificial (IA) possibilita a transmissão de alelos que são favoráveis ao incremento da característica de rebanhos elite para rebanhos comerciais de forma ampla e democrática.

Como consequência da IA para o Teste de progênie, em bovinos, é CORRETO afirmar que há:

- a) Progênies menos numerosas por reprodutor.
- b) Maximização de touros jovens.
- c) Menor intensidade de seleção.
- d) Utilização de touros de forma pouco eficiente.
- e) Distribuição das progênies em rebanhos e climas similares.

2. O conhecimento das características sobre seleção em um teste de desempenho é fundamental para se controlar erros inerentes à característica. Entre as características avaliadas em um teste de progênie, estão as ligadas à qualidade de carcaça.

Em relação à qualidade de carcaça, quantos grupos de características são avaliados em bovinos de corte?

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.
- e) 5.

3. No agronegócio, os indicadores de eficiência produtiva e ambiental têm sido utilizados sob o conceito de sustentabilidade do sistema de produção. Dessa forma, hoje, os programas de melhoramento reúnem equipes multidisciplinares que permitem a avaliação do melhor animal para determinada situação, com menor impacto residual ao sistema ambiental, atendendo à demanda da sociedade por produtos com menor impacto ambiental.

Com relação ao texto-base sobre critérios criados em programas de melhoramento genético em bovinos por produtos com menor impacto ambiental, é CORRETO afirmar:

- a) Parada bovina.
- b) Rastreabilidade bovina.
- c) Rastreabilidade ecológica.
- d) Pegada bovina.
- e) Pegada ecológica.

Referências

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS IBGE. **PPM**: rebanho bovino alcança a marca recorde de 215,2 milhões de cabeças, mas produção de leite cai 0,4%. 2016. Disponível em: <<http://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/9802-ppm-rebanho-bovino-alcanca-a-marca-recorde-de-215-2-milhoes-de-cabecas-mas-producao-de-leite-cai-0-4.html?start=20>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANGUS (ABA). **Raça**. 2017. Disponível em: <<http://angus.org.br/raca/>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA (ABCBRH). **A origem da raça no mundo**. 2017. Disponível em: <<http://gadoholandes.com.br/a-origem-da-raca-no-mundo/>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIR (ABCGIL). **Raça Gir**. 2017. Disponível em: <<http://assogir-brasil.blogspot.com.br/p/raca-gir.html>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIROLANDO (ABCG). **Fatos e dados históricos**. 2017. Disponível em: <<http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/girolando,2,pt>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GUZERÁ E GUZOLANDO DO BRASIL (ACGB). **História da raça Guzerá**. 2017. Disponível em: <<http://www.guzera.org.br/novo/?tela,7>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL (ACNB). **A origem**. 2017. Disponível em: <<http://www.nelore.org.br/Raca>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

BUDEL, Caio. **Conheça as características das carnes de Nelore, Angus e Wagyu**. Associação Brasileira de Zootecistas, 2016. Disponível em: <<http://abz.org.br/blog/caracteristicas-carnes-nelore-angus-wagyu/>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

INSTITUTO DE ESTUDOS PECUÁRIOS (IEPEC). **Enciclopédia de raças: Jersey**. 2017. Disponível em: <<http://iepec.com/enciclopedia-de-racas-jersey/>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

LASLEY, J. F. **Genetics of livestock improvement**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, 1978. 492p.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ EDITORA, 2008. 618p.

ROSA, A do N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 256p.

SANTOS, Reginaldo; CORRÊA, André Bruzzi. Como são feitos os testes de progênie (provas de touros). **III Simpósio Nacional de Melhoramento Genético**. Anais, 2010. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iii/palestras/pdfs/iii26.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

WYKES, D. L. Robert Bakewell (1725–1795) of Dishley: farmer and livestock improver. **Agricultural History Review**, v. 52, p. 38-55, 2004.

Melhoramento genético em outras espécies

Convite ao estudo

Na última unidade deste livro, teremos como foco a aplicação do melhoramento genético em outras espécies de produção.

Serão abordados conceitos sobre seleção pela aptidão; principais características sob seleção; adaptabilidade ao meio ambiente; as principais raças criadas no Brasil; e determinadas espécies e seus cruzamentos.

Ainda nesta unidade, abordaremos as biotecnologias reprodutivas para disseminação de alelos favoráveis e, por fim, trataremos do agronegócio e sua relação com o melhoramento genético em cada espécie estudada.

Seção 4.1

Caprinos e ovinos

Diálogo aberto

A origem do melhoramento animal teve seu início com os trabalhos de Robert Bakewell (1725-1795), responsável pela formação e evolução de raças bovinas, ovinas e equinas. Seus trabalhos desencadearam a formação das sociedades de raças e a criação dos registros genealógicos animais nas mais distintas espécies, nos quais a maioria dos caracteres de interesse econômico em produção animal varia continuamente. Os elementos necessários para o produtor eleger a espécie e o padrão racial variam com o tipo: aparência; características leiteiras; capacidade corporal; pernas e pés; adaptadas; e sistema mamário, por exemplo. Até espécies nas quais não existem raças, e sim linhagens, como os peixes, possuem características importantes que as definem como animais de produção ou pets. O Brasil, sendo um país continental, possibilitou a importação e adaptação de muitas espécies.

O Brasil possui uma extensa área territorial, sendo considerado por muitos um país continental, o que propiciou condições para ser o celeiro do mundo tanto na produção de grãos quanto na produção de produtos de origem animal. Locais inóspitos para algumas espécies são facilmente habitados por outras. Os caprinos e ovinos são animais que se adaptaram facilmente na Região Nordeste, onde o clima para muitos é desagradável em termos de temperatura e umidade. No entanto, nem todas as raças são especializadas em produzir nessas condições. Faça uma breve descrição das raças nativas e exóticas que ocupam a Região Nordeste brasileira. Quais são as principais características do leite e da carne dessas duas espécies?

Não pode faltar

Os caprinos e ovinos estão entre as primeiras espécies domesticadas pelo homem, tornando uma atividade de grande importância para os povos na evolução da humanidade. Essas duas

espécies são extremamente adaptáveis a climas hostis ou inóspitos com relação à temperatura, umidade e escassez de forragem de boa qualidade. Zootecnicamente, são classificados como pequenos ruminantes devido ao porte e à forma do estômago. Da mesma forma que os bovinos, o estômago dos pequenos ruminantes é dividido em quatro câmaras (rúmen, retículo, omaso e abomaso), com as mesmas funções descritas na unidade anterior.



Assimile

Ao serem classificados como pequenos ruminantes, muitos profissionais confundem os caprinos e ovinos, no entanto, existem diferentes espécies específicas que tornam fáceis a diferenciação. As principais características genéticas e aspectos físicos que diferenciam as duas espécies estão listados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 | Diferenças entre características genéticas e aspectos físicos de caprinos e ovinos

| | Parâmetro | Caprinos | Ovinos |
|----------------------------------|--|---|------------------------------|
| Características genéticas | Número de cromossomos Taxonomia | 60 Capra hircus | 54 Ovis aires |
| Aspectos físicos | Direção da cauda | Ereta | x |
| | (até 16 vertebras) | Caída | x |
| | (até 22 vertebras) | x | x |
| | Fossas lacrimais | Ausente | Presente |
| | Lábios superiores | Sem fendas | Com fendas e móveis |
| | Glândula interdigital | Ausente | Presente |
| | Brincos | Presente | Ausente |
| | Glândula intercornual | Presente | Ausente |
| | Metacarpo e metatarso | Desenvolvidos | Reduzidos |
| | Gordura subcutânea | Ausente e apresenta gordura intra-abdominal | Presente e de fácil absorção |
| Tamanho do estômago | 2x maior que nos ovinos | Pequeno | |

| | Parâmetro | Caprinos | Ovinos |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Características genéticas | Número de cromossomos Taxonomia | 60 Capra hircus | 54 Ovis aires |
| Aspectos físicos | Barba | Presente | Ausente |
| | Habito alimentar | Alimentam de cabeça erguida | Alimentam de cabeça baixa |
| | Tamanho dos tetos | Curtos | Curtos |
| | Comportamento social | Dispersam com facilidade | Andam em grupos |
| | Habito alimentar | Preferência por folhas largas | Preferência por folhas estreitas |

Fonte: elaborada pelo autor.

Dessa forma, fica fácil diferenciar as espécies mesmo com o elevado número de raças em cada espécie.

A história dos caprinos no Brasil se remete aos tempos de colonização, quando, a partir de esboços do holandês Gillis Peeters (11612-1653), possível membro da comitiva de Nassau, seu irmão Bonaventura Peeters (1614-1652) remonta três pinturas da costa brasileira, nas quais são observados dois caprinos no litoral nordestino, ambos chifrudos, com barba e brincos, um branco e outro vermelho de chanfro branco e barriga escura (BELLUZZO, 1994). De forma similar, os ovinos foram introduzidos no país no período de colonização portuguesa.

A partir da colonização, ambas as espécies foram disseminadas pelo território nacional e sofreram, ao longo do tempo, um intenso processo de seleção natural nos diferentes ambientes em que se encontravam, a ponto de hoje apresentarem características específicas de adaptação, como: precocidade sexual, prolificidade (número de crias por parto), porte, rusticidade, resistência a ecto e endoparasitos e resistência aos extremos de temperatura e à escassez hídrica e alimentar.

Dessa maneira, as raças de caprinos e ovinos introduzidas há centenas de anos são chamadas de raças nativas, as quais se

mantiveram sem processo de seleção artificial objetiva por vários anos. Atualmente, as raças altamente especializadas em produção de carne, leite, lã ou pele são denominadas exóticas.

Os caprinos e ovinos são responsáveis por grande parte da produção pecuária nacional, sendo extremamente importantes para a economia, pois contribuem para o aumento do número de empregos para a população. E também desempenham o seu papel produtivo nas mais distintas regiões do Brasil e do mundo ao transformar plantas forrageiras inacessíveis à alimentação humana em proteína animal de elevado valor biológico, contribuindo no combate à fome e assumindo um papel de extrema relevância frente ao crescimento desenfreado das populações nos grandes centros urbanos.

Apesar de crescente, o consumo de carne ovina/caprina é baixo em relação às demais espécies, devido à:

- Falta de hábito do consumidor.
- Falta de regularidade de oferta.
- Má qualidade, às vezes, do produto colocado à venda.
- Má apresentação comercial do produto oferecido.

A distribuição do abate nacional concentra-se grandemente em estabelecimentos rurais, com reduzida participação de pequenos abatedouros e de frigoríficos. É necessário um programa de produção de carne de qualidade com objetivos bem definidos, ou seja, inserir parâmetros de qualidade de carne e carcaça em programas de melhoramento genético de maneira clara para pequenos ruminantes.

Paralelamente, os resultados de pesquisa de mercado devem fundamentar o direcionamento da produção e fornecer subsídios, como:

- Estimativa de demanda.
- Época e periodicidade da procura.
- Onde e como oferecer o produto.
- Preferência dos consumidores em relação às formas de cortes na carcaça (facilidade na culinária).
- Faixa etária dos ovinos (de acordo com as exigências dos consumidores).

Para quantificação e determinação das características do produto obtido, como exemplo a carne, deve-se proceder das medições relativas às características na avaliação quantitativa das carcaças e que podem ser inseridas nos programas de melhoramento genético dos pequenos ruminantes, como idade ao abate, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, comprimento de carcaça, profundidade de tórax, largura da garupa, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e marmoreio.

A principal característica da carne propriamente dita é o odor característico de cada espécie. A carne caprina também é conhecida por ser magra e com composição química de acordo com as exigências dos atuais consumidores; por sua vez, a carne ovina é mais macia e suculenta.

As características sensoriais mais importantes da carne são a cor, a suculência, a textura (dureza ou maciez), o odor e o sabor, sendo que estas variam de acordo com a espécie, a raça, a idade e o peso de abate, a castração, o tipo de dieta e os manejos pré e pós-abate.



Exemplificando

O sistema brasileiro de tipificação de carcaça, publicado na Portaria nº 307, de 26 de dezembro de 1990, define os padrões de avaliação ideais. Entre os fatores avaliados no produto final da cadeia produtiva de carne em pequenos ruminantes estão o sexo, a maturidade do animal, a conformação e o acabamento.

As classes de avaliação para cada fator mencionado são:

- **Sexo:** fator intrínseco ao animal, que separa as carcaças entre fêmeas, machos castrados e machos inteiros. A fêmea apresenta carcaças fisiologicamente mais maduras, os castrados se situam em uma condição intermediária, e os machos inteiros em condição mais tardia. A proporção de gordura é maior nas fêmeas, intermediária nos castrados e menor nos inteiros, sendo inversamente proporcional à quantidade de músculo na carcaça. As carcaças dos machos inteiros têm o peito mais largo e o pescoço mais grosso do que as fêmeas e os castrados.

- **Maturidade:** a carcaça de cordeiros apresenta costelas arredondadas e avermelhadas (imaturas). A partir de 12 meses, ficam mais achatadas e brancas, sendo que, no ovino adulto, apresentam-se completamente achatadas, brancas e calcificadas. Uma maneira de se avaliar a maturação é pela erupção da dentição permanente, a qual está altamente correlacionada à idade, sendo assim, passível de classificação em dente de leite: animais com apenas a primeira dentição, sem a queda das pinças; pinças: animais castrados ou fêmeas, a partir da queda das pinças da primeira dentição até o desenvolvimento total das pinças da segunda dentição, sem queda dos primeiros médios; seis dentes: animais com até seis dentes definitivos, sem quedas dos cantos da primeira dentição; e oito dentes: animais possuindo mais de seis dentes definitivos. A carne ovina, por exemplo, varia de uma coloração rosada (cordeiro), passando por um vermelho vivo (adulto) e chegando a um vermelho escuro (animais velhos). A preferência é por carne de animais jovens, de cordeiro ou cabrito, caracterizada por ser mais macia, mais suculenta e por possuir sabor e odor menos intensos. A carne de animais adultos não tem a mesma aceitação por apresentar menor maciez e textura mais firme, associados a maior intensidade de sabor "flavour".
- **Conformação:** expressa o desenvolvimento das massas musculares, sendo um parâmetro obtido pela verificação dos perfis musculares, os quais definem anatomicamente as regiões de uma carcaça. As classificações são: primeira, selecionada, boa, comum e inferior.
- **Acabamento:** avaliação visual da quantidade e distribuição harmônica da gordura na carcaça. O excesso ou a falta de gordura na carcaça, por exemplo, em ovinos, são indesejáveis na produção de carnes, as quais são classificadas em magra (gordura ausente); gordura escassa (1 e 2 mm de espessura subcutânea); gordura mediana (acima de 2 e até 5 mm de espessura subcutânea); gordura uniforme (acima de 5 e até 10 mm de espessura subcutânea); e gordura excessiva (acima de 10 mm de espessura subcutânea).
- **Marmorização:** relacionada à gordura intramuscular, é medida por ultrassonografia no músculo Longíssimus dorsi, na altura da secção 12-13ª costelas, e correlaciona-se positivamente com o sabor e a suculência da carne.

As principais características do leite são: o leite de cabra é utilizado como alternativa para alimentação humana, crianças e/ou adultos que apresentam intolerância à lactose. Outra característica é a alta digestibilidade devido à maior proporção de ácidos graxos de cadeia curta e média. Já o leite de ovelha distingue-se dos demais tipos de leites por aspectos característicos, nomeadamente, a cor branca nacarada (porcelana), a opacidade mais marcada e a viscosidade mais elevada. Em relação aos demais, possui uma maior resistência à proliferação microbiana nas primeiras horas após a ordenha, que é justificada pela atividade imunológica do próprio leite e pelo seu poder tampão característico. Os teores de gordura e proteína são superiores, o que vai dar origem a coalhadas mais firmes e rendimentos queijeiros superiores.



Pesquise mais

O Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros (Capragene), criado em 2005 a partir da estruturação do Controle Leiteiro Oficial, do Arquivo Zootécnico Nacional e do teste de progênie, tem apoiado o setor produtivo por meio de testes de avaliação genética, com a finalidade de orientar o uso de recursos genéticos, dando suporte ao crescimento e fortalecimento da caprinocultura leiteira no Brasil.

Para melhor compreensão do Programa Capragene, é disponibilizada uma listagem com os objetivos e benefícios ao se realizar o teste de progênie em caprinos leiteiros (Disponível em: <<http://srvgen.cnpc.embrapa.br/pmgcl/>>. Acesso em: 1 set. 2017).

Nesse material, os autores, descrevem as características analisadas no 2º Sumário de Avaliação Genética do Programa Capragene: duração da lactação, produção de leite em até 305 dias de lactação, produção média diária de leite, produção total de gordura em até 305 dias de lactação, produção total de proteína em até 305 dias de lactação, produção total de extrato em seco até 305 dias de lactação, produção total de lactose em até 305 dias de lactação e contagem de células somáticas em até 305 dias de lactação.

Entre as principais raças nativas caprinas (originárias da Península Ibérica à época do descobrimento do Brasil e que se mantiveram sob acasalamento ao acaso e seleção natural desde então) criadas no Brasil, estão a Cabra Azul (leite e pele), Graúna (leite), Marota (pele e carne) e Repartida (pele e carne). As duas únicas raças com padrão racial homologado pela Associação Brasileira de Criadores de Cabra são as raças Moxotó, com aptidão para produção de carne e leite, e a Canindé, com aptidão para produção de leite.

As raças exóticas com aptidão para produção de leite são divididas em europeias: Saanen, Suíça, Alpina e Toggenburg; e de origem não europeia: Anglo Nubiana e Nubiana. Nas raças de origem não europeia, ainda podem ser citadas a Bhuj (carne e pele), Jamnapari (leite e pele) e as de aptidão para produção de carne: Boer, Savanna e Kiko.

O gene PIS (*Polled Intersex Syndrome*) em caprinos tem efeito pleiotrópico, com penetrância incompleta, sob a característica ausência de chifre (mocho), e possui efeito acentuado sobre a fertilidade. Dessa forma, o caráter mocho em caprinos deve ser evitado independentemente da raça, uma vez que está relacionado à infertilidade dos animais. A probabilidade de ocorrência do caráter mocho no produto de diversos tipos de acasalamentos entre caprinos mochos e com chifres pode ser observada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 | Probabilidade de ocorrência do caráter ausência de chifres em diversos acasalamentos entre caprinos mochos e com chifres

| Fêmea | Reprodutor | |
|------------------|------------------|-----------------|
| | Mocho (PP ou Pp) | C/ Chifres (pp) |
| Mocho (PP ou Pp) | 7/8 c/ chifres | 1/2 mochos |
| | 1/8 mochos | 1/2 c/ chifres |
| C/ Chifres (pp) | 3/4 c/ chifres | Todos c/chifres |
| | 1/4 mochos | |

Fonte: elaborada pelo autor.

Os ovinos apresentam as mais distintas aptidões de produto final, como lã, pele, carne e leite.

Entre as raças especializadas em produção de lã, podemos citar a Merinos espanhóis, a qual serviu como principal material genético para desenvolvimento de outros Merinos pelo mundo, como

o Ambouillet e Precose (França), Electoral (Alemanhã), Merino Australiano e Ideal (Austrália) e Merino Argentino (Argentina).

Podemos citar ainda as raças:

- Com aptidão para lã e carne: Corriedale, Romney Marsh, Lincoln e Merlin.
- Com aptidão para carne: Southdown, Ile de France, Texel, Suffolk, Shropshire e Oxfordshire.
- Com aptidão para produção de carne e peles (nesse grupo, destacam-se as raças deslanadas do Nordeste brasileiro, consideradas como nativas. Apresentam-se com considerável produção de carne e, em alguns casos, também de leite): Morada Nova, Santa Inês, Rabo Largo, Somalis Brasileira e Karakul.
- Com aptidão para produção de leite: Bergamácia, Lacaune e Wilstermarch.



Refleta

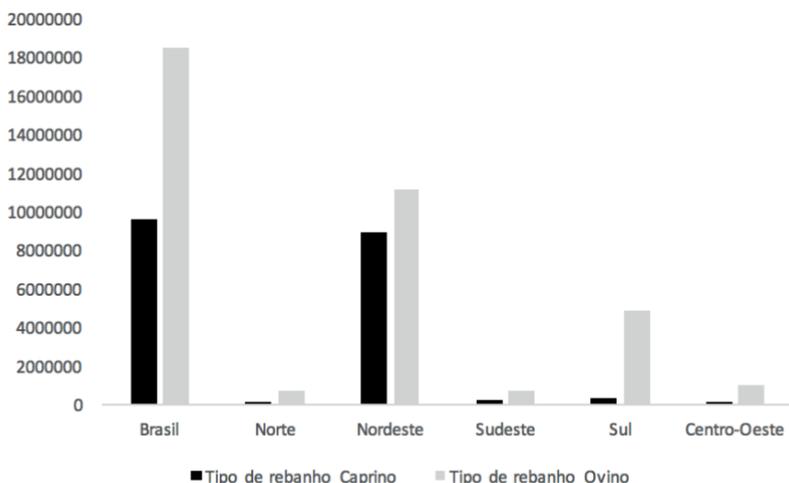
A escolha bem feita de animais para reprodução, seleção de matrizes e reprodutores caprinos e ovinos otimiza os lucros, pois eleva a eficiência reprodutiva do rebanho. Entre as tecnologias reprodutivas utilizadas nos rebanhos, estão o diagnóstico de gestação nas fêmeas e avaliação testicular e glândulas acessórias nos machos por ultrassonografia em tempo real. Como essa tecnologia pode auxiliar os programas de melhoramento genético de caprinos e ovinos?

O rebanho nacional de caprinos, em 2015, alcançou 9,614 milhões de cabeças, sendo 8,9 milhões de cabeças na Região Nordeste, enquanto o rebanho ovino registrou, no mesmo ano, o número de 18,410 milhões de cabeças no país, das quais 11,1 milhões estão no Nordeste e 4,9 milhões na Região Sul.

Após uma tendência de diminuição do rebanho na série de 2012 a 2014, no ano de 2015, o rebanho caprino voltou a se estabilizar, bem diferente do que se observa para o ovino, que vem em um ritmo crescente anual médio de 1,51% entre os anos de 2007 a 2015. Essa nítida diferença de dinâmica reflete bem a realidade das duas cadeias. A primeira observação é que o rebanho

caprino do Brasil é, basicamente, o efetivo do Nordeste somado a pequenas participações de outros estados, como pode ser visualizado na Figura 4.1, a partir de dados extraídos do Sistema IBGE de Recuperação Automática: Banco de Dados Agregados (IBGE, 2015).

Figura 4.1 | Efetivo dos rebanhos de caprinos e ovinos em 2015



Fonte: adaptada de: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

O mercado brasileiro é altamente consumidor de carnes caprinas e ovinas, tendo em vista o volume de importação que vem ocorrendo todos os anos. Essa situação, já relatada anteriormente, reforça a necessidade de ações conjuntas das instituições públicas e privadas, buscando o aumento da sinergia de esforços no tocante à organização\coordenação da cadeia produtiva e ao aumento da eficiência dos sistemas produtivos e agroindustriais. Nesse sentido, a união de esforços poderá ampliar a capacidade dos produtores brasileiros em atender à demanda interna e preencher uma lacuna de mercado que já existe há algum tempo, requisitos fundamentais para implementar um programa de melhoramento genético em pequenos ruminantes.

Sem medo de errar

Entre as principais raças nativas caprinas (originárias da Península Ibérica à época do descobrimento do Brasil e que se mantiveram sob acasalamento ao acaso e seleção natural desde então) criadas no Brasil, estão a Cabra Azul (leite e pele), Graúna (leite), Marota (pele e carne) e Repartida (pele e carne). As duas únicas raças com padrão racial homologado pela Associação Brasileira de Criadores de Cabra são a raça Moxotó, com aptidão para produção de carne e leite, e a Canindé, com aptidão para produção de leite.

As raças exóticas com aptidão para produção de leite são divididas em europeias: Saanen, Suíça, Alpina e Toggenburg; e de origem não europeia: Anglo Nubiana e Nubiana. Nas raças de origem não europeia, ainda podem ser citadas a Bhuj (carne e pele), Jamnapari (leite e pele); e as de aptidão para produção de carne Boer, Savanna e Kiko.

Os ovinos apresentam as mais distintas aptidões de produto final, como lã, pele, carne e leite.

Entre as raças especializadas em produção de lã, podemos citar a Merinos espanhóis, a qual serviu como principal material genético para o desenvolvimento de outros Merinos pelo mundo, como o Ambouillet e Precose (França), Electoral (Alemanhã), Merino Australiano e Ideal (Austrália) e Merino Argentino (Argentina).

Podemos citar ainda as raças:

- Com aptidão para lã e carne: Corriedale, Romney Marsh, Lincoln e Merilin.
- Com aptidão para carne: Southdown, Ile de France, Texel, Suffolk, Shropshire e Oxfordshire.
- Com aptidão para produção de carne e peles (nesse grupo, destacam-se as raças deslanadas do Nordeste brasileiro, consideradas como nativas. Apresentam-se com considerável produção de carne e, em alguns casos, também de leite): Morada Nova, Santa Inês, Rabo Largo, Somalis Brasileira e Karakul.
- Com aptidão para produção de leite: Bergamácia, Lacaune e Wilstermarch.

As principais características do leite são: o leite de cabra é utilizado como alternativa para a alimentação humana, crianças

e/ou adultos que apresentam intolerância à lactose. Outra característica é a alta digestibilidade devido à maior proporção de ácidos graxos de cadeia curta e média. Já o leite de ovelha distingue-se dos demais tipos de leites por aspectos característicos, nomeadamente a cor branca nacarada (porcelana), a opacidade mais marcada e a viscosidade mais elevada. Em relação aos demais, possui maior resistência à proliferação microbiana nas primeiras horas após a ordenha, que é justificada pela atividade imunológica do próprio leite e pelo seu poder tampão característico. Os teores de gordura e proteína são superiores, o que dará origem a coalhadas mais firmes e rendimentos queijeiros superiores.

As principais características da carne são o odor característico de cada espécie. A carne caprina também é conhecida por ser magra e com composição química de acordo com as exigências dos atuais consumidores por sua vez, a carne ovina é mais macia e suculenta. As características sensoriais mais importantes da carne são a cor, a suculência, a textura (dureza ou maciez), o odor e o sabor, sendo que elas variam de acordo com a espécie, a raça, a idade e o peso de abate, a castração, o tipo de dieta e os manejos pré e pós-abate.

Avançando na prática

Raça Santa Inês

Descrição da situação-problema

Pedro, 55 anos, é um produtor de café arábica no município de Ouro Fino/MG. Preocupado com a sustentabilidade do sistema de produção, procurou conhecimentos em palestras com relação ao sistema lavoura-pecuária. Entre as vantagens levantadas por Pedro sobre o sistema na integração ovinos versus lavouras de café, mencionadas na palestra, estão: a otimização do uso das áreas; a existência de um segundo produto de venda; a diluição e redução de custos; e o retorno do esterco para a lavoura. Ao conversar com pecuaristas sobre as raças com aptidão para produção de corte, Pedro se interessou pela raça Santa Inês. Para comprar os animais, ele procurou você, médico veterinário, para escolher os animais para iniciar a produção. Você poderia destacar para Pedro

os pontos-chave do sistema ovinos-café e as características da raça Santa Inês?

Resolução da situação-problema

Esse tipo de integração lavoura-pecuária já é frequentemente visto no sul de Minas Gerais e no interior de São Paulo, estando presente também em outras áreas. A primeira coisa a ser analisada quando se pensa em integração é se o manejo dos ovinos permite ser integrado ao manejo da lavoura, já que, na maioria das vezes, a lavoura é a principal atividade da propriedade. É muito comum o produtor decidir implantar a integração e, já nos primeiros dias, verificar que o manejo será inviável devido ao uso de produtos na lavoura que sejam inadequados para os ovinos, consumo da lavoura pelos ovinos, entre outros motivos variados.

A raça ovina Santa Inês é uma raça nativa de grande porte, especializada em produção de carne e pele, produz boas carcaças e peles fortes e resistentes. As fêmeas são ótimas criadeiras, parindo cordeiros vigorosos, com frequentes partos duplos e apresentando excelente capacidade leiteira. A raça é caracterizada por quatro pelagens: branca, chitada, vermelha ou marrom e preta.

Faça valer a pena

1. Os pequenos ruminantes estão entre os primeiros animais domesticados pelo homem. Entre as características que contribuíram para a disseminação dos ovinos pelo globo, temos a influência dos fatores ambientais e de manejo que atuaram decisivamente na determinação do tipo (morfologia e aptidão); facilidade de domesticação e/ou transporte desses animais aliada à facilidade de adaptação a locais impróprios a outras espécies.

Com relação ao texto-base, assinale a alternativa que apresenta uma raça com aptidão para lã.

- a) Ile de France.
- b) Merinos espanhóis.
- c) Santa Inês.
- d) Texel.
- e) Morada Nova.

2. A adaptabilidade às condições ambientais brasileiras é uma característica intrínseca às raças ou aos tipos nativos de caprinos. É inegável que a seleção natural exerceu papel fundamental na evolução dessas raças ao exercer pressão de seleção, dotando-as de maior capacidade de tolerância à baixa umidade e alta temperatura.

Em função do texto-base, assinale a alternativa correta com uma raça caprina nativa com aptidão para a produção de leite.

- a) Saanen.
- b) Pardo Alpina.
- c) Toggenburg.
- d) Cabra Azul.
- e) Anglo Nubiana.

3. A escolha dos melhores indivíduos dentro do rebanho tem como objetivo o aumento médio da produção do rebanho (população) e o aumento na produção da progênie (maior DEP, ou indiretamente maior valor genético do touro). Uma característica-alvo de seleção contrária é o carácter ausência de chifre (mocho) em caprinos controlado pelo gene PIS (*Polled Intersex Syndrome*). Esse gene, em caprinos, tem efeito pleiotrópico sob as características ausência de chifre e possui efeito acentuado sobre a fertilidade.

Em relação ao texto-base, na determinação do carácter ausência de chifre em caprinos, está envolvido o gene PIS (*Polled Intersex Syndrome*). É correto afirmar:

- a) É uma característica monogênica dominante, com penetrância incompleta sobre o carácter mocho.
- b) É uma característica poligênica dominante, com penetrância completa sobre o carácter mocho.
- c) É uma característica monogênica dominante, com penetrância completa sobre o carácter mocho.
- d) É uma característica polinogênica dominante, com penetrância incompleta sobre o carácter mocho.
- e) É uma característica polinogênica dominante de efeito infinito sobre o carácter mocho.

Seção 4.2

Suínos e aves

Diálogo aberto

Entre os setores de produção animal, podemos destacar a suinocultura e a avicultura. Devido à rápida taxa reprodutiva, é possível alcançar ganhos considerados por permitir aumentar a intensidade de seleção. Faça uma breve descrição das raças nativas e exóticas utilizadas para se obterem as linhagens maternas e paternas na suinocultura. O que são bisavós, avós e matrizes dentro de um programa de melhoramento de aves?

Não pode faltar

O processo de globalização da economia associado à mudança de hábitos dos consumidores por alimentos mais saudáveis fez com que a produção animal sofresse mudanças bruscas nos objetivos de seleção. Entre as espécies que se destacaram em mudança de tipo e qualidade de carcaça, estão os suínos e as aves. O progresso de seleção e as exigências de mercado também demandaram alterações significativas nos ambientes de criação. No entanto, no Brasil, ainda estamos defasados em relação à expansão dos novos sistemas de produção, uma vez que o capital inicial a ser investido em sistemas tecnificados é alto e a alimentação desses animais é baseada em milho e soja, duas “commodities” com variações bruscas no mercado.

Para contornar essas adversidades, os setores de produção de suínos e aves inovaram em um sistema de produção tipo integração, no qual os produtores recebem pacotes tecnológicos, entre os quais está o material genético a ser trabalhado. Fato que propiciou ganhos genéticos mais acelerados e de forma ascendente, devido ao processo de melhoramento realmente funcionar em uma estrutura piramidal. Nessa estrutura, como visto anteriormente, as empresas especializadas em fornecer material genético fazem o papel de criadores elite, vendendo

matrizes e reprodutores melhorados para granjas multiplicadoras, ou ainda participando como multiplicadores e entregando direto aos criadores comerciais a primeira categoria da fase de cria. O produto comercializado nessa categoria de criação são filhotes, sendo chamados de leitões, na suinocultura, e popularmente de "pintinhos", na avicultura. Vale ressaltar que, na avicultura, o nome correto para "pintinhos machos" é pintainhos de corte (para terminação), e para "pintinhas fêmeas", pintainhas (para produção de ovos).

A estrutura piramidal sugere um fluxo de material genético (alelos) na forma de animais vivos, sêmen ou embriões a partir do ápice da pirâmide, considerado como criadores "elite" ou núcleo, passando pelos multiplicadores ou replicadores de material genético, chegando aos criadores comerciais, os quais se beneficiam do melhoramento genético ocorrido nos níveis anteriores.



Assimile

Os suínos domésticos foram domesticados cerca de 5.000 a.C. na China. Sua classificação zoológica é:

- Classe: *Mamalia*
- Ordem: *Ungulata*
- Subordem: *Artiodáctila* (dedos pares)
- Família: *Suidae*
- Espécie: *Sus scrofa domesticus* (18 cromossomos)

A produção de suínos tem uma grande variedade de subprodutos utilizados para a alimentação e saúde humana. Entre os produtos da suinocultura, podemos destacar a produção de carne (proteína de alto valor biológico); ótimo rendimento de carcaça (utilização de vísceras, pelos, pele e sangue); e mercados específicos para saúde humana, como órgãos (pâncreas, hipófise, tireoide, mucosa intestinal e coração) e substâncias vitais (insulina e sangue).

Os suínos são animais onívoros com rápido retorno sobre o capital investido, no entanto, deve-se levar em consideração as limitações de fases de criação (regime alimentar), a elevada mortalidade

embrionária e fetal, as exigências em cuidados higiênico-sanitário o comportamento cíclico do mercado e a elevada produção de dejetos.

No Brasil, os suínos foram introduzidos em 1532 por Martin Afonso de Sousa, em São Vicente/SP, mas somente entre 1900-1950 foram introduzidas raças com maior potencial produtivo. Entre elas, podemos citar: Berkshire (1900-1920); Tam Worth (1900-1920); Large Black (1900-1920); Yorkshire (1900-1920); Poland-China e Duroc (1930); Hampshire e Wessex (1940); e Landrace (1950).

Esses animais eram conhecidos como "tipo banha", porque apresentavam uma proporção de 70% de gordura e somente 30% de carne na carcaça. Com a mudança no perfil dos consumidores, a relação foi se invertendo para 50% de gordura e 50% de carne, chegando, hoje, a inverter a relação de tecidos do animal, com 70% de carne e somente 30% de gordura na carcaça, sendo chamados de suínos "tipo carne".

Entre as características dos suínos que propiciaram a rápida inversão do animal "tipo banha" para o "tipo carne", está o fato de esses animais serem poliéstricos não estacional, com partos múltiplos e período de gestação curto, ou seja, podemos aplicar uma maior intensidade de seleção tanto em machos quanto em fêmeas dentro de um programa de seleção. Em termos médios, cada matriz instalada pode ter 2,4 crias por ano e entre 23 a 25 suínos terminados ano.

Existem diversas raças de suínos espalhadas no Brasil e no mundo. Algumas se sobressaem com relação às características reprodutivas, produtividade e produção de carne, e outras em conformação com menores índices reprodutivos e pesos de carcaça menos adequados ao mercado. Para escolha do material genético a ser trabalhado, faz-se necessário um estudo de mercado para verificar a aceitabilidade dos animais a serem abatidos.

Entre as características para se identificar uma raça de suínos, temos:

- Pelagem: existem duas classificações, podendo ser simples (única cor: branca, vermelha ou preta) ou composta (duas cores:

oveira-pelagem branca com manchas pretas; preta com pontos brancos – pelagem preta apresentando pontos brancos, com extremidades da cauda e pernas brancas; e faixada – pelagem preta com uma faixa branca que cobre os membros anteriores de lado a lado).

- Tamanho e tipo da orelha: existem três classificações, podendo ser asiáticas (pequenas e direcionadas para cima); ibéricas (pequenas e direcionadas para frente); e célticas (orelhas grandes, caídas e cobrindo os olhos).

- Perfil fronto-nasal: retilíneo, concavilíneo e ultraconcavilíneo.

Essas classificações são utilizadas tanto em raças nacionais quanto em raças exóticas. As raças nacionais possuem desempenho baixo para padrões industriais, entretanto são fundamentais para os sistemas de criação menos tecnificados, além de serem um patrimônio genético de animais adaptados às nossas condições climáticas.

Entre as raças nacionais, podemos citar:

- Piau: originada na região do sul de Goiás e no Triângulo Mineiro. Considerada a raça nacional de maior importância. Sua pelagem é ovejuna e tem orelhas tipo ibéricas. Animais rústicos com produção média de nove leitões por parto, número comparado bom em relação às raças exóticas melhoradas.

- Caracu: sua origem é desconhecida. Apresentam pelagem ovejuna, com manchas menores que as encontradas no piau, e orelhas asiáticas pequenas e perfil ultraconcavilíneo. São animais de porte menor, não sendo indicado o acasalamento de fêmeas caracu com machos de raças maiores com a finalidade de evitar problemas no parto.

- Canastra: sua origem também é desconhecida. Apresentam pelagem preta, podendo ser malhados ou ruivos, e orelhas tipo ibéricas, com cerdas finas e pouco abundantes. Possuem porte médio e boa conversão alimentar. São animais bons produtores de banha e toucinho, mas com baixa conformação de carcaça. Os animais são rústicos e muito prolíferos, produzindo de oito a dez leitões por parto.

Outras raças nacionais são Nilo, Pereira, Mouro, Tatu, Pirapetinga, Sorocaba e Junqueira.

E entre as raças exóticas, indicadas para sistemas de produção intensiva, podemos citar:

- Landrace: sua origem é dinamarquesa. É a principal raça estrangeira criada no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 2017). Sua pelagem é totalmente branca, com orelhas caídas tipo céltica e perfil retilíneo ou subcôncavo. São animais de grande porte e, como peculiaridades, podem apresentar um ou dois pares de costelas a mais que as demais raças suínas, o que lhes conferem carcaças mais compridas. Possuem leitegadas numerosas, com número médio de 20 leitões/porca/ano, e apresentam boa conformação de carcaça. Devido a essas características, são utilizados como formadores de linhas maternas em sistemas de cruzamento.

- Large White: sua origem é inglesa. É a segunda raça estrangeira mais criada no Brasil (ABCS, 2017). São animais de pelagem branca, orelhas tipo asiáticas de tamanho médio e perfil côncavo. Possuem boas características de carcaça, como pernis longos, cheios e profundos. Destacam-se pela sua rusticidade, sendo considerados por muitos criadores como Duroc branco, e apresentam características reprodutivas semelhantes às do Landrace.

- Duroc: origem norte-americana. É bastante utilizada no Brasil devido à sua rusticidade, produtividade e facilidade de adaptação em nosso meio ambiente (adaptam-se bem em qualquer região do Brasil). Possui pelagem vermelha, orelhas médias tipo ibéricas e perfil retilíneo ou subcôncavo. Em programas de cruzamento, é utilizada como linha macho. As desvantagens dessa raça são as características produtivas das fêmeas, pois produzem pouco leite, têm frequentes problemas durante o parto, tetas cegas ou invertidas e baixa habilidade materna.

Outras raças exóticas são Pietran, Wessex, Hampisere, Berkshire, Meisham e Jiaxing.

Os objetivos de um programa de melhoramento genético suíno é obter o máximo de eficiência produtiva em ganho de peso, número de leitões desmamados por matriz/ano, menores idades ao abate (puberdade nas fêmeas) e conversão alimentar. Para alcançar resultados promissores em termos de ganho genético por unidade de tempo, quanto maior for a variabilidade genética entre os animais e a intensidade de seleção, mais rápido os objetivos serão alcançados.

Pode-se verificar que, com a estrutura piramidal de fluxo gênico, a taxa de reposição e, conseqüentemente, a intensidade de seleção aplicadas são maiores. Como exemplo, podemos citar a taxa de reposição de machos em ganjas elites a uma taxa anual de 100 a 200%, enquanto a reposição em granjas comerciais é em torno de 40 a 100%.



Pesquise mais

Atualmente, no Brasil, as principais raças de suínos utilizadas para produção são Large White, Landrace e Duroc. Essas raças, em associação a outras raças nacionais e exóticas, são utilizadas por companhias de melhoramento genético em cruzamentos, para obtenção de um animal terminado com maior ganho de peso em menos tempo e com melhores taxas de conversão alimentar. Para melhor compreensão da atuação de empresas fornecedoras de material genético, assista ao vídeo da empresa Genética Líquida Agroceres PIC, uma das representantes no mercado nacional fornecedora de material genético.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wZmXBE7fVFU>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

A eficiência de programas de melhoramento genético depende da precisão com que os indivíduos candidatos à seleção são submetidos.



Exemplificando

O mercado consumidor de carne suína procura uma carne magra. O grande problema ao selecionar animais para maior produção e com menor porcentagem de gordura na carcaça é que, indiretamente, selecionam-se animais com outra característica imprópria para o mercado: a carne PSE (pálida, mole e exudativa). O gene do halotano é o gene pleiotrópico responsável pela produção de carcaças com maior proporção de carne magra, porém também está relacionado à produção de carne PSE. Dessa forma, os esforços dos programas de melhoramento suínos são encontrar uma combinação gênica que possibilite a obtenção de carnes magras sem o efeito negativo advindo da carne PSE.

Algumas empresas fornecedoras de material genético suíno realizam hibridizações para atender a mercados específicos a partir de raças e/ou linhagens sintéticas. Entre os híbridos suínos nacionais, tem-se destacado: Lacone (33,3% Hampshire, 33,3% Pietran e 33,33% Large White), Tia Meslan (16,6% Large White, 25% Meishan, 25% Xia Jing, 16,6% Hampshire e 16,6% Pietrain) e Embrapa MS 58 e MS60 (62,5% Pietrain, 18,75% Duroc e 18,75% Hampshire).

A formação dos híbridos tem por finalidade a exploração dos efeitos de genes não aditivos: heterose e complementariedade.

Da mesma maneira, existe uma grande variabilidade genética em aves, tanto para aptidão de produção de carne quanto para produção de ovos. Entre as raças puras, temos:

- **Cornish:** a aptidão para produção de carne nessa raça é muito apreciada, no entanto, produz poucos ovos e de tamanho pequeno e baixa eclodibilidade. Sua conformação corporal é diferente das outras raças, tendo pernas mais curtas, corpo amplo com peito musculoso. Apresenta crista tipo ervilha, pele amarela e ovos de casca marrom.

- **Light Sussex:** raça inglesa de grande porte, é utilizada para produção de carne e ovos. Apresenta pele branca; crista tipo serra; bico e tarso com coloração branco marfim. No primeiro ciclo de postura, as galinhas chegam, em média, a 180 ovos, com peso médio de 55g. É a raça preferida pelos criadores por ter melhores taxas de postura, dar pintos mais rústicos, embora tenha ovos um pouco menores do que os das demais variedades. Também é utilizada para produção de híbridos.

- **Rhode Island Red:** criada em meados da década de 1840, em Massachusetts, no estado norte-americano de Rhode Island, pelo cruzamento de galinhas locais rústicas com as raças Shangais (ou Cochinquinas) e galos Malaios vermelhos. Apareceu nas exposições pela primeira vez em 1895. Possui pele amarela, plumagem vermelho-escuro brilhante (podendo apresentar as extremidades das penas da cauda de coloração preta; e bico, barbelas, crista, brinco e face avermelhada. Nas pernas, o tarso e os dedos são amarelos, com tonalidade ligeiramente avermelhada. A variedade mais comum é a de Crista de Serra de cor rosa. Apresenta porte médio, sendo considerada excelente poedeira e

produtora de carne. Em criações ao ar livre, chegam a produzir de 160 a 200 ovos/ave/ano. Os ovos são grandes, pesando de 56 a 65 g. Raramente, apresenta choco, e devido a essa característica, é extremamente procuradas, por produtores que utilizam sistemas alternativos. Outra vantagem é que é sexável pela cor. Com um dia de idade, o pintinho macho possui uma mancha mais clara nas asas; as fêmeas, por sua vez, não possuem. Essa raça também é utilizada em sistemas de cruzamentos entre Rhode Island Red versus Plymouth Rock Barrado, para formação de híbridos produtores de ovos de casca marrom.

- Plymouth Rock: entre as variedades dessa raça, no Brasil, a Barrada é a mais comum. Possui pele amarela, plumagem branco-acinzentada, crista tipo Serra, brincos e barbelas vermelho brilhantes. Apresenta porte médio e produção de 180 ovos/ave/ano, com peso médio do ovo de 58 g.

- Gigante Negra de Jersey: possui origem americana, nas granjas de New Jersey. É uma raça que nasceu para sustentar a demanda de frangos pesados nos mercados de Nova Iorque, por volta dos anos 1800. Apresentam plumagem preta, com reflexos metálicos; sua canela e bico são pretos, tendendo ao amarelo; as barbelas, a face e os brincos são vermelhos. Apresenta produção média de 170 ovos/ave/ano, com peso médio dos ovos de 60 g.

- New Hampshire: sua origem é americana, sendo selecionada a partir de uma variedade Rhode com porte semelhante. É utilizada para produção de carne e ovos. É precoce em relação à maturidade sexual, iniciando a postura por volta de 18 semanas. A produção média é de 220 ovos/ave no primeiro ciclo de produção, com peso médio do ovo de 55 g.

As principais características a serem selecionadas na avicultura de postura, visando ao aumento na produção de ovos, são: maturidade sexual, intensidade de postura, ausência de choco, persistência, tamanho e peso do ovo, resistência e espessura da casca, qualidade do albúmen, manchas de sangue e coágulos e colesterol. E na avicultura de corte, as principais características são peso ao abate, defeitos, mortalidade, conformação, empenamento, velocidade de crescimento, autosssexagem, cor das penas, conversão alimentar, entre outras.

A partir das raças puras, as empresas fornecedoras de material

genético estabelecem esquemas de cruzamento com a finalidade de obterem uma maior resposta fenotípica das características selecionadas. Por meio de cruzamentos, são maximizados os efeitos genéticos de raça (efeito aditivo dos genes) e os efeitos não aditivos de heterose (devido aos desvios de dominância e epistasia entre lócus) e de complementariedade (que é a vantagem que se obtém, por exemplo, ao se cruzar galinhas de maior produção de ovos com galos de potencial genético para maior ganho em peso).

Outra informação valiosa que obtemos ao realizar cruzamentos é o efeito recíproco (desvio entre desempenho dos indivíduos de um cruzamento e de seu cruzamento recíproco). Para calcular o efeito recíproco, são definidas a capacidade de combinação geral e a capacidade de combinação específica. Como exemplo de efeitos recíprocos, podemos mencionar que, no processo de cruzamento para formação de um híbrido, ao utilizar o acasalamento raça A versus raça B, certamente ocorrerá diferença ao utilizar o acasalamento raça B versus raça A.

O resultado dos cruzamentos são matrizes híbridas simples (F1), resultantes do cruzamento de avós. Os híbridos duplos (F2) utilizados são filhos das matrizes híbridas simples (F1). As matrizes provenientes de macho AB são produzidas pelo acasalamento do avô paterno (galo A) com a avó paterna (galinha B), e as matrizes provenientes de fêmea CD são produzidas pelo acasalamento do avô materno (galo C) com a avó materna (galinha D).

Os híbridos comerciais para sistema específico de valorização de características são selecionados com o objetivo de melhorar os índices de desempenho e posterior utilização em cruzamentos, gerando produtos comerciais disponíveis no mercado. Existem linhagens que foram desenvolvidas especificamente para utilização em sistemas menos intensivos. Ótima produção de ovos (linhagem de postura) apesar de apresentar crescimento mais lento em relação às linhagens industriais. A partir de então são produzidos os híbridos duplos para máximo desempenho e, então, distribuídos para os produtores. Entre os híbridos comercializados para produção de ovos, podemos citar:

- Isa Brown: aptidão para produção de ovos, sendo uma das melhores galinhas poedeiras em nível industrial encontrada no mercado. Apresenta plumagem avermelhada, patas e bicos

amarelos e ovos de casca marrom, porém apresenta menor produção no sistema caipira.

- Embrapa 051: originária do cruzamento entre as raças Rhode Island Red e Plymont Roch Branca. É especializada para produção de ovos de casca marrom. Galinha híbrida, semipesada. Inicia postura com 1,900 kg nas 21 semanas de idade e produz até 80 semanas. A produção gira em torno de 280 a 300 ovos/ave/ano. Devido ao porte médio, também é utilizada para produção de carne.

- Galinha Caipira Rouge: híbrido precoce, apresentando maturidade com 19 semanas de idade e produção média de 300 ovos/ave/ano, com peso dos ovos em torno de 55 a 65 g. Só as fêmeas dessa linhagem são vendidas. Recomenda-se o uso da debicagem nessa linhagem, devido à tendência de ser mais agitada.



Refleta

Os ganhos em produtividade ocorridos na avicultura entre os anos de 1957 e 2001 foram extremamente expressivos por aumentar o ganho em peso e reduzir a idade ao abate. É possível continuarmos tendo a mesma taxa de incremento de ganho genético sem efeitos colaterais nos animais?

Sem medo de errar

Para atender às demandas do mercado cada vez mais exigente, uma forma rápida e segura de manter as raças originais é por meio de hibridização.

Na suinocultura, as principais raças nativas utilizadas para se obterem as linhagens maternas e paternas são a Piau, a Caracu e Canastra. A Piau (originada na região do sul de Goiás e no Triângulo Mineiro) é considerada a raça nacional de maior importância. Sua pelagem é ovelha e apresenta tipo ibérica. Animais rústicos com produção média de nove leitões por parto, número comparado bom em relação às raças exóticas melhoradas). A Caracu (sua origem é desconhecida), apresenta pelagem ovelha, com manchas menores do que as encontradas no Piau, orelhas asiáticas pequenas e perfil ultraconcavilíneo. São animais de porte menor,

não sendo indicado o acasalamento de fêmeas Caracu com machos de raças maiores com a finalidade de evitar problemas no parto. E a Canastra (sua origem também é desconhecida), que apresenta pelagem preta, podendo ser malhada ou ruiva, e orelhas tipo ibéricas, com cerdas finas e pouco abundantes. Possui porte médio e boa conversão alimentar. São animais bons produtores de banha e toucinho, mas com baixa conformação de carcaça. Os animais são rústicos e muito prolíferos, produzindo de oito a dez leitões por parto.

E entre as raças exóticas, indicadas para sistemas de produção intensivos, podemos destacar as raças Landrace, Large White e a Duroc. A Landrace, cuja origem é dinamarquesa, é a principal raça estrangeira criada no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 2017). Sua pelagem é totalmente branca, com orelhas caídas tipo céltica e perfil retilíneo ou subcôncavo. São animais de grande porte, e como peculiaridades, podem apresentar um ou dois pares de costelas a mais que as demais raças suínas, o que lhes confere carcaças mais compridas. Possuem leitegadas numerosas, com número médio de 20 leitões/porca/ano, e apresentam boa conformação de carcaça. Devido a essas características, são utilizadas como formadoras de linhas maternas em sistemas de cruzamento. A Large White, cuja origem é inglesa, é a segunda raça estrangeira mais criada no Brasil (ABCS, 2017). São animais de pelagem branca, orelhas tipo asiáticas de tamanho médio e perfil côncavo. Possui boas características de carcaça, como pernis longos, cheios e profundos. Destaca-se pela sua rusticidade, sendo considerada por muitos criadores como Duroc branco, e apresenta características reprodutivas semelhantes às do Landrace. A Duroc, cuja origem é norte-americana, é bastante utilizada no Brasil devido à sua rusticidade, produtividade e facilidade de adaptação em nosso meio ambiente (adapta-se bem em qualquer região do Brasil). Possui pelagem vermelha, orelhas médias tipo ibéricas e perfil retilíneo ou subcôncavo. Em programas de cruzamento, é utilizada como linha macho. A desvantagem dessa raça são as características produtivas das fêmeas, pois produzem pouco leite, têm frequentes problemas durante o parto, tetas cegas ou invertidas e com baixa habilidade materna.

No processo de formação de híbridos duplos, as bisavós são as raças puras, as avós são a geração F1 ou híbridos simples entre

as raças, e as matrizes são a F2 ou híbridos duplos oriundos do acasalamento entre matrizes e reprodutores F1. Para formação dos híbridos duplos, são utilizadas quatro (4) raças com aptidões distintas, com o objetivo de obter maior heterose, complementariedade e adaptabilidade às condições de criação.

Avançando na prática

Sistema de produção integrado em aves

Descrição da situação-problema

Talita é uma pequena produtora rural na região sul do Paraná e gostaria de incrementar a lucratividade de sua propriedade. Ao assistir a uma palestra sobre a avicultura de corte, interessou-se pela atividade devido à velocidade de terminação das aves estabuladas. Ao chegar em casa, Talita se deparou com algumas dúvidas: Onde comprar pintainhos de qualidade? Qual ração utilizar? Onde vender?. Você, médico veterinário de uma empresa integradora na região, poderia explicar a Talita as vantagens de um sistema de integração.

Resolução da situação-problema

Inicialmente, você deve esclarecer a Talita que existem três sistemas de produção de aves: o sistema independente, o sistema de cooperativismo e o sistema integrado. Comente que as dúvidas que ela está tendo são pertinentes à avicultura moderna, devido aos contínuos e rápidos avanços no setor em tecnologia, principalmente em relação à obtenção de material genético de qualidade. Explique que, caso o avicultor opte pelo sistema independente, os riscos são maiores, pois ele terá de pensar e decidir sozinho sobre tudo: como adquirir e de quem adquirir os pintainhos e os alimentos; averiguar sobre a qualidade dos produtos; conhecer os riscos sanitários; além de ser responsável pela comercialização dos frangos que, no Brasil, está condicionada a grandes flutuações de preços no mercado.

Uma alternativa de produção interessante na avicultura de corte é o sistema de integração, no qual a empresa integradora é responsável pelo fornecimento de ração, medicamentos, desinfetantes, pintainhos de um dia e assistência de técnicos (para a construção dos aviários) e veterinários (apoio permanente). Em

contrapartida, cabe aos produtores criar as aves de acordo com as melhores práticas de produção e com as normas de bem-estar animal, biosseguridade e sanidade.

Faça valer a pena

1. Existem diversas raças de suínos espalhadas no Brasil e no mundo. Algumas se sobressaem com relação às características reprodutivas, produtividade e produção de carne, e outras em conformação com menores índices reprodutivos e pesos de carcaça menos adequados ao mercado. Para escolha do material genético a ser trabalhado, faz-se necessário um estudo de mercado para verificar a aceitabilidade dos animais a serem abatidos.

Com relação ao texto-base, assinale a alternativa correta que descreve a raça nativa Canastra.

a) Sua origem é desconhecida. Apresenta pelagem preta, podendo ser malhada ou ruiva, e orelhas tipo ibéricas com cerdas finas e pouco abundantes. Possui porte médio e boa conversão alimentar. São animais bons produtores de banha e toucinho, mas com baixa conformação de carcaça. Os animais são rústicos e muito prolíferos, produzindo de oito a dez leitões por parto.

b) Originada na região do sul de Goiás e no Triângulo Mineiro. Considerada a raça nacional de maior importância. Sua pelagem é oveira e orelhas tipo ibéricas. Animais rústicos com produção média de nove leitões por parto, número comparado bom em relação às raças exóticas melhoradas.

c) Sua origem é desconhecida. Apresenta, pelagem oveira, com manchas menores do que as encontradas no Piauí, e orelhas asiáticas pequenas e perfil ultraconvexilíneo. São animais de porte menor, não sendo indicado o acasalamento de fêmeas Caracu com machos de raças maiores, com a finalidade de evitar problemas no parto.

d) Originada na região do sul de Goiás e no Triângulo Mineiro. Apresenta pelagem preta, podendo ser malhada ou ruiva, e orelhas tipo ibéricas com cerdas finas e pouco abundantes. Possui porte médio e boa conversão alimentar. São animais bons produtores de banha e toucinho, mas com baixa conformação de carcaça. Os animais são rústicos e muito prolíferos, produzindo de oito a dez leitões por parto.

e) Originada na região do sul de Goiás e no Triângulo Mineiro. Apresenta pelagem oveira, com manchas menores que as encontradas no Piauí, e orelhas asiáticas pequenas e perfil ultraconvexilíneo. São animais de porte menor, não sendo indicado o acasalamento de fêmeas Caracu com machos de raças maiores, com a finalidade de evitar problemas no parto.

2. O melhoramento genético vivenciado no setor de avicultura de corte a partir dos anos 1950 foi extraordinário. A intensa pressão de seleção aplicada às características de interesse, associada à herdabilidade, moderada a alta dessas características, foram as principais causas do sucesso ocorrido.

Em relação ao texto-base, assinale a alternativa correta que contém as características econômicas prioritárias em frangos de corte.

- a) Persistência.
- b) Taxa de crescimento.
- c) Ausência de choco.
- d) Unidades Haugh.
- e) Intensidade de postura.

3. O aparecimento do choco em aves representa o final do primeiro ciclo reprodutivo, ou seja, cessa a fase de postura e começa o período de incubação dos ovos. Na avicultura de postura moderna, faz-se uma seleção contra essa característica, com a finalidade de aumentar o período de postura das aves.

Em relação à característica ausência de choco em aves de postura, é correto afirmar:

- a) O controle da característica é por três genes complementares (A, B, e C), autossômicos e dominantes.
- b) O aparecimento do choco é dividido aos hormônios gonadotróficos: folículo estimulante e luteinizantes.
- c) As linhagens comerciais leves ainda apresentam intenso fenômeno de choco, enquanto as linhagens pesadas praticamente não apresentam o fenômeno.
- d) Consiste na retirada ou eliminação do plantel de todas as aves que apresentarem choco.
- e) A seleção é feita a longo prazo, uma vez que a característica é reprodutiva.

Seção 4.3

Equinos e peixes

Diálogo aberto

O aumento da fonte de renda nas últimas décadas possibilitou a expansão da espécie equina como atividade de lazer, além de ser utilizada em alguns mercados como fonte de proteína animal para alimentação humana. Na piscicultura, por outro lado, a maior demanda é para consumo humano, ficando a área pet mais restrita a grandes centros. Em qualquer uma das duas espécies, programas de melhoramento têm sido desenvolvidos com o objetivo final de aumentar o desempenho do animal. Descreva quais raças e objetivos têm sido utilizados na equideocultura. Diferencie seleção massal/individual de seleção pela progênie e responda: como esses conceitos poderiam ser utilizados na piscicultura?

Não pode faltar

Nesta última parte do livro, vamos evidenciar o processo de melhoramento genético vivenciado nas espécies de equídeos e peixes. Um fato interessante associado à produção dessas espécies é a detenção de animais de valor genético superior por qualquer parte da estrutura de fluxo genético piramidal visto nas demais espécies, não existindo criadores melhoradores (ou elite), multiplicadores e comerciais.

Originados do gênero *Equus* da era glacial, os grupos dos equídeos se dividem nas espécies *Equus caballus* (cavalos), *Equus asinus* (asnos), *Equus zebra* (zebra) e seus híbridos. De maneira geral, as espécies de equídeos são muito semelhantes em sua forma física, possuindo corpo proporcional, pescoço longo sustentando a cabeça, orelhas móveis, alertas a qualquer som, olhos situados na parte mais alta da cabeça e bem separados um do outro, narinas grandes e crina no pescoço (proteção aos inimigos naturais).



A evolução gradual dos equídeos está baseada em estudos de fósseis, a partir dos quais foi possível traçar aspectos adaptativos, por meio de seleção natural, com relação às mudanças no seu ambiente.

A história conhecida do cavalo moderno começa com o *Eohippus*, também conhecido como Cavalo Dawn, o qual se sabe ter vivido na América do Norte durante a época do Eoceno (54 a 38 milhões de anos atrás). Nesse período, os equídeos apresentavam o porte de um cachorro pequeno, viviam na floresta, onde o solo era macio e recoberto por folhas. Dessa maneira, para passarem despercebidos pelos predadores, apresentavam nas patas os coxins (almofadas na sola iguais às dos cães e gatos atuais); quatro dedos nas mãos e três dedos nos pés, tendo, assim, maior contato com o solo e fazendo menos ruídos.

A partir de então, no Oligoceno, seus membros tornaram-se maiores, com um dorso-lombo mais retilíneo e o desaparecimento de um dedo na mão. Os animais começaram a sair das florestas para viver em pastagens. Outras adaptações dessa fase são os dentes projetados para pastejar, pescoço maior para facilitar o acesso ao alimento e pés apropriados para terrenos mais duros.

Ao longo do processo de evolução, a mais significativa mudança de todas ocorreu durante a época do Mioceno (25 a 7 milhões de anos atrás), quando as florestas deram lugar às pastagens e os ancestrais dos equídeos tornaram-se moradores permanentes das planícies. Entre as adaptações dessa fase, a mais marcante foi o dedo central se tornar maior e mais forte.

A partir dessa época, a história da família dos cavalos transformou-se em algo mais complexo, com o desenvolvimento de várias subfamílias. Eventualmente, elas se extinguíram e foi o *Pliohippus* que promoveu a ligação na corrente do *Eohippus* até o gênero *Equus* do cavalo moderno.

No processo de domesticação, os equídeos serviam como caça (fonte de alimento), meio de deslocamento (intercâmbio entre culturas e dominação dos impérios) e agricultura (preparo do solo e transporte de mercadoria). Fato que permaneceu ao longo da história nos processos de colonização, em que equinos

foram levados no processo de expansão das colônias, e ocorrida a formação de novas raças devido a novos processos adaptativos.

Nos dias atuais, apesar da grande concorrência que as espécies de equídeos sofrem pela revolução nos transportes, no Brasil, essa espécie ainda é essencial no meio agrícola e agropecuário. Além de serem empregados como meio de trabalho, os equídeos são utilizados, na atualidade, como fonte de alimento, policiamento, lazer e em atividades terapêuticas, como a equoterapia.

A população equina mundial está em torno de 55 milhões de cabeças, das quais, aproximadamente 6 milhões estão no Brasil, fato que coloca o país como o terceiro maior rebanho mundial, atrás apenas da China e México, os quais possuem o primeiro e o segundo maiores rebanhos respectivamente.

Uma recente Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo (MAPA, 2016) divulgou que, no Brasil, os valores anuais do setor giram em torno de:

- Empregos diretos: 640.000 pessoas.
- Empregos indiretos: > 3 milhões pessoas.
- Movimentação econômica: > 7 bilhões reais.
- Representa 20% do total de animais domésticos.
- 75% da mão de obra é contratada, o restante é familiar.

A atuação do médico veterinário na atividade equina se dá no manejo geral, na nutrição, na clínica e cirurgia, na forragicultura, na reprodução e no melhoramento genético. Os dois últimos são essenciais para o ganho genético dessa espécie, devido ao fato de as fêmeas dos equídeos serem animais poliéstricos estacionais de dias curtos e apresentarem uma gestação média de 330 dias com partos simples.

De uma maneira geral, podemos observar que são diversas as atuais atividades desempenhadas pelos equinos, refletindo diretamente na escolha dos critérios de seleção. É claro que o objetivo final de qualquer programa de seleção é a obtenção de animais com alto desempenho em competições hípicas, cujos resultados são medidos diretamente por seu desempenho em competições (teste de desempenho) ou pelos seus filhos(as) (teste de progênie).

Entre os métodos de seleção tradicionalmente praticados em equídeos, estão:

- Seleção pelo desempenho individual: os animais são escolhidos com relação ao próprio desempenho no que se refere às características. Como exemplo de características sob esse método de seleção, temos as características morfológicas externas (conformação e tipo), velocidade em pistas, habilidade para lida com gado, andamento etc.

- Seleção pela genealogia: realizada pela escolha do desempenho fenotípico médio de seus ancestrais e colaterais. Baseia-se na identidade gênica, na qual alelos idênticos por descendência são transmitidos pelas gerações e medidos pelo grau ou coeficiente de parentesco entre indivíduos. A associação entre desempenho dos ancestrais e coeficiente de parentesco permite prever o provável valor genético dos animais sob seleção.

- Seleção pela progênie: realizada pelo valor fenotípico médio de seus descendentes em relação ao desempenho médio dos filhos dos pais contemporâneos. Aqui, vale ressaltar que, pelo número de descendentes gerados na espécie, a acurácia nos machos é normalmente maior.

- Combinação de todos os métodos: realizada em função da disponibilidade dos dados de desempenho individual, de ancestrais e, se possível, da progênie. A metodologia empregada nesse processo de seleção é a de modelos mistos.

Sumarizando, para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético em equídeos, é necessário:

- Determinar os objetivos de seleção.
- Padronizar critérios para mensurar características de forma objetiva.
- Estimar parâmetros genéticos para as características de interesse.
- Padronizar formas de disponibilizar informações.

Dessa forma, observamos que os programas de melhoramento genético em distintas raças equinas apresentam grande divergência entre o tamanho do plantel fornecedor de material genético (proprietários com um único animal melhorador até criadores tradicionais com grandes rebanhos), de objetivos (morfologia, temperamento, regularidade, rendimento etc.), de critérios de seleção (como resultado da complexidade das funções – tipo de

andamento, altura dos obstáculos, distância do páreo etc.) e de biotecnologias reprodutivas (inseminação artificial; transferência de embrião; fertilização in vitro; clonagem; criopreservação de sêmen, oócito e embrião etc.).

Dentre as raças de equídeos criadas no Brasil, podemos citar:

- Mangalarga Marchador: é a maior raça criada no Brasil, com, aproximadamente, 600 mil animais registrados. De acordo com a ABCCMM (2017), a aparência geral do Mangalarga Marchador é de porte médio, ágil, com estrutura forte e bem proporcionada, expressão vigorosa e sadia, visualmente leve na aparência, pele fina e lisa, pelos finos, lisos e sedosos, temperamento ativo e dócil. A altura na cernelha ideal para machos é de 1,52 m, e de 1,46 m para fêmeas. A cabeça apresenta forma triangular, bem delineada, média e harmoniosa, com frente larga e plana. O perfil é retilíneo na frente e subcôncavo no chanfro. As orelhas são médias, móveis, paralelas, bem implantadas, dirigidas para cima e, de preferência, com as pontas ligeiramente voltadas para dentro. Entre outras características disponíveis no padrão racial.

- Nordestino: é a segunda maior raça criada no Brasil, com aproximadamente, 500 mil animais entre puros e mestiços.

- Quarto de Milha: é a terceira maior raça criada no Brasil, com aproximadamente 350 mil animais registrados. De acordo com a ABQM (2017), o padrão racial da raça é composto por uma aparente força e tranquilidade. Quando não estiver trabalhando, deve conservar-se calmo, mantendo a própria força sob controle. Possui os padrões de pelagem alazã, alazã tostada, baia, baia amarela ou palomina, castanha, rosilha, tordilha, lobuna, preta e zaina. Não serão admitidos, para registro, animais pampas, pintados e brancos, em todas as suas variedades. O andamento é harmonioso, em reta, natural, baixo. O pé é levantado livremente e recolocado de uma só vez no solo, constituindo-se no trote de campo. A altura na cernelha é, em média, de 1,50 m. São robustos e muito musculados, com peso médio de 500 quilogramas. Sua cabeça é pequena e leve e, em posição normal, deve-se ligar ao pescoço em ângulo de 45°. Perfil anterior reto com faces cheias, grandes, muito musculosas, redondas e chatas, vistas de lado; discretamente convexas e abertas de dentro para fora, vista de frente, o que proporciona ganachas bem mais largas do que

a garganta. Dessa forma, a flexão da cabeça é muito acentuada, permitindo grande obediência às rédeas. A fronte é ampla, e as orelhas são pequenas, alertas, bem distanciadas entre si. Sua musculatura é bem pronunciada, tanto vista de lado como de cima. As fêmeas têm pescoço proporcionalmente mais longo, garganta mais estreita e desenvolvimento muscular menor. Entre outras características disponíveis no padrão racial.

- **Jumento Pega:** utilizado principalmente com o objetivo, em cruzamento, para formação de muares (híbridos chamados de mulas e burros quando provenientes do acasalamento de égua com jumento, e de bardotas e bardotos quando provenientes do acasalamento de jumenta com cavalo). De acordo com Jumento Pega Brasil (2017), o padrão racial define uma estatura de 135 cm (em média, de 130 para os machos e 125 para as fêmeas). Pelagem: de preferência e mais comum a "pelo-de-rato". É frequente a ruã ou rosada; é rara a tordilha, sendo indesejáveis a ruça e a branca. O pelo é fino, curto, macio e, por vezes, ondulado. Cabeça: fina, seca, despontada para o focinho e sem proeminências. A fronte é larga e curta, de perfil direito, convexilíneo nos machos. Alguns animais têm fronte plana e chanfro levemente acarneirado, perfil que, segundo alguns autores, é o mais desejável. As faces são paralelas, as orelhas grandes, de largura média, de preferência eretas e paralelas, voltadas para frente (atentas). Boca bem rasgada e ventas espaçosas.

- Outras raças criadas no Brasil e mencionadas na Revisão do Estudo do Agronegócio do Cavalo (MAPA, 2016): Crioula, Mangalarga, Campolina, Pônei, Paint Horse, Árabe, Pampa, Puro Sangue Inglês, Brasileiro de Hipismo, entre outras.



Exemplificando

Entre as características que podem ser desclassificadoras em uma raça equina, está a pelagem e a pigmentação de olhos, narinas e períneos. Na Raça Quarto de Milha, por exemplo, o regulamento exige que todo cruzamento entre pais alazões só pode originar produtos alazões, e um produto para ser tordilho deve ter um de seus pais tordilho (ABQM, 2017).

Disponível em: <<http://www.abqm.com.br/pt/conteudos/quarto-de-milha/pelagens-oficiais>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

Os peixes representam o grupo de organismos mais numerosos e diversificados entre os vertebrados, apresentando cerca de 25.000 espécies conhecidas. São encontrados em diversos ambientes, desde águas transparentes, com ótimos parâmetros limnológicos, até águas com sinais claros de eutrofização. Sendo que o gargalo no processo de produtivo gira em torno de técnicas reprodutivas, alimentação e instalações.

Mesmo assim, é uma atividade com ótimas características econômicas, tanto no Brasil quanto no mundo, de forma que a atividade aquícola tem chamado atenção de empresas privadas e públicas voltadas para o melhoramento genético de espécies nativas e exóticas, garantindo cada vez mais a presença do peixe na mesa do consumidor e de peixes ornamentais na atividade de animais de companhia.

Por exemplo, podemos elencar os fatores predisponentes para seleção de tilápias:

- **Para produtores:** fácil manejo, resistência a doenças, tolerância a baixos teores de oxigênio, onívora, rápido crescimento e rendimento de filé de alta qualidade e ornamentação.
- **Para consumidores:** carne saborosa, baixo teor de gordura, ausência de espinhas intramusculares em forma de “Y”, tamanho e cores.
- **Para os melhoristas:** fácil reprodução, fácil mensuração morfométrica (comprimentos padrão, altura e comprimento da cabeça, altura e largura do corpo e proporções entre essas mensurações), boa conversão alimentar etc.



Assimile

Devido à grande variabilidade inter e intraespecífica encontrada nos peixes, faz-se necessário listarmos uma sistematização dos principais conceitos utilizados para descrever as espécies. Entre as principais características, estão:

- Tamanho do peixe: pequeno porte (1 a 25 cm), médio porte (26 a 50 cm) e grande porte (maior que 50 cm).
- Estado de conservação das espécies: facilmente encontrada, dificilmente encontrada e em processo de extinção.

- Hábito alimentar: herbívoro, carnívoro de pequenos animais, carnívoro piscívoro, detritívoro e onívoro.
- Importância econômica: piscicultura, ornamentação e pesca.

Lembrando que existe ainda o conceito geográfico em relação à bacia hidrográfica, sendo:

- Nativo: quando o peixe pertence àquela bacia.
- Exótico: quando o peixe originalmente não habitava uma determinada bacia, sendo introduzido e passando a habitá-la.

De uma maneira geral, podemos considerar as seguintes classes de características de importância econômica a serem selecionadas em programas de seleção em peixes:

- Características reprodutivas: precocidade sexual, época de maturidade sexual, fertilidade e habilidade de se reproduzir em cativeiro.
- Características de crescimento: peso corporal e mensurações morfométricas gerais, taxas de conversão alimentar.
- Características de carcaça: baixa conversão alimentar, proporção máxima de 25% para tamanho de cabeça/tamanho do corpo, rendimentos de carcaça e de filé.
- Demais características: resistência a variações do ambiente (temperatura, oxigênio, pH), pigmentação.

Como sabemos, o fenótipo é função da genética, do meio ambiente e da interação entre genética e ambiente. Entre as espécies de produção animal, os peixes sofrem ação direta do ambiente aquático, que apresenta uma enorme variação em função da estação do ano e da região na qual a bacia hidrográfica pertence. Entre os fatores não genéticos que afetam o desempenho produtivo dos peixes, podemos citar a idade do animal, a densidade, a temperatura, a qualidade da água, a competição, a assimetria, o tamanho do animal, o sexo, os efeitos maternos, entre outros, que, de uma maneira objetiva, são contornados em programas de melhoramento genético de peixes ao serem realizados grupos de contemporâneos.



De acordo com o Boletim Estatístico do Ministério da Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2012), a tilápia *Oreochromis niloticus* é a espécie de maior volume de produção em cultivo no Brasil, com uma produção média de aproximadamente 156 mil toneladas no ano de 2010, o que representou cerca de 40% do total de produção final de pescado. O ritmo de crescimento da tilapiocultura continuará em ascensão, com uma projeção de aumento na produção por volta de 30% para 2030 (FAO, 2014). O sucesso da tilápia na piscicultura continental é devido à capacidade adaptativa dos grupamentos genéticos. Porém, poucos trabalhos de melhoramento genético têm sido feitos no país. Uma questão conceitual que pode alterar a metodologia aplicada nos processos reprodutivos no setor é a definição de grupamentos genéticos. Como são chamados os grupamentos genéticos na piscicultura: variedades, linhagens ou raças?

Assim, para formação de uma população em um programa de seleção em peixes, é necessário realizar coletas nas distintas bacias hidrográficas, representando uma amostra da variabilidade da espécie. A partir de então identificam-se os reprodutores por meio de microchips, com a finalidade de realizar testes pela progênie para características de carcaça. A mesma identificação por microchip se faz a partir dos alevinos nascidos em cativeiro, com a finalidade de avaliar o desempenho individual também. Uma vez estabelecidas as gerações conhecidas, pode ser realizada a seleção combinada para características produtivas e reprodutivas.

Outros fatores que devemos considerar ao implementar um esquema de seleção em peixes é a precocidade, o dimorfismo sexual e a variação na forma de nascimentos dos filhotes de peixes (ovíparos, vivíparos ou ovovivíparos).

Uma vez conhecidos todos os percalços, podemos definir qual ferramenta do melhoramento genético será utilizada: acasalamento ou cruzamento. As mais distintas técnicas reprodutivas são utilizadas na aquicultura com a finalidade de aumentar a produção, entre elas, podemos citar: ginogênese, androgênese, poliploidia, reversão sexual e reprodução e a combinação entre essas técnicas.



Na natureza, a hibridização ocorre, mas é rara! A justificativa para a baixa ocorrência é o isolamento reprodutivo, seja por motivos geográficos, comportamentais, temporais, celulares ou por incompatibilidade de gametas. No entanto, programas de melhoramento de peixes podem fazer a obtenção de híbridos por cruzamentos interespecíficos, intraespecíficos e intergenéricos. Para melhor compreensão da utilização do processo de hibridização em peixes, recomendo a leitura do artigo *Hibridização em peixes: vantagens e desvantagens*.

Disponível em: <<http://www.umc.br/nucleos-pesquisa/lagoaa/publicacoes/revista-cientifica-tecnologica/pdf/pdf-16.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

Sem medo de errar

Entre as raças de equídeos criadas no Brasil, podemos citar:

- Mangalarga Marchador: é a maior raça criada no Brasil, com aproximadamente 600 mil animais registrados. De acordo com a ABCCMM (2017), a aparência geral do Mangalarga Marchador é de porte médio, ágil, com estrutura forte e bem proporcionada, expressão vigorosa e sadia, visualmente leve na aparência, pele fina e lisa, pelos finos, lisos e sedosos, temperamento ativo e dócil.
- Nordestino: é a segunda maior raça criada no Brasil, com aproximadamente 500 mil animais entre puros e mestiços.
- Quarto de Milha: é a terceira maior raça criada no Brasil, com aproximadamente 350 mil animais registrados. De acordo com a ABQM (2017), o padrão racial da raça é composto por uma aparente força e tranquilidade.
- Jumento Pega: utilizado principalmente com o objetivo de cruzamento para formação de muares (híbridos chamados de mulas e burros, quando provenientes do acasalamento de égua com jumento, e de bardotas e bardotos, quando provenientes do acasalamento de jumenta com cavalo).

Entre os métodos de seleção tradicionalmente praticados em equídeos, estão:

- Seleção pelo desempenho individual: os animais são escolhidos com relação ao próprio desempenho e às características. Como exemplo de características sob esse método de seleção, temos as características morfológicas externas (conformação e tipo), velocidade em pistas, habilidade para lida com gado, andamento etc.

- Seleção pela genealogia: realizada pela escolha do desempenho fenotípico médio de seus ancestrais e colaterais. Baseia-se na identidade gênica, na qual alelos idênticos por descendência são transmitidos pelas gerações e medidos pelo grau ou coeficiente de parentesco entre indivíduos. A associação entre o desempenho dos ancestrais e o coeficiente de parentesco permite prever o provável valor genético dos animais sob seleção.

- Seleção pela progênie: realizada pelo valor fenotípico médio de seus descendentes em relação ao desempenho médio dos filhos dos pais contemporâneos. Aqui vale ressaltar que, pelo número de descendentes gerados na espécie, a acurácia nos machos é normalmente maior.

- Combinação de todos os métodos: realizada em função da disponibilidade dos dados de desempenho individual, de ancestrais e, se possível, da progênie. A metodologia empregada nessa seleção é a de modelos mistos.

O mesmo acontece em programas de melhoramento em peixes, nos quais, na seleção pelo desempenho individual ou massal, os animais são escolhidos com relação ao próprio desempenho, e na seleção pela progênie é estimado o valor fenotípico médio dos descendentes do reprodutor/reprodutriz em relação ao desempenho médio dos filhos dos pais contemporâneos.

Avançando na prática

Hibridização em equídeos

Descrição da situação-problema

Apesar da grande concorrência que tem sofrido a espécie equina ao redor do mundo, não só pela indústria automobilística, mas também pelos meios de comunicação, acredita-se que, no Brasil, devido à grande extensão territorial e aos sistemas de

produção em atividades agrícolas e agropecuárias, os equinos e muares são essenciais para o processo produtivo. Marco é um pequeno produtor de café certificado no estado do Espírito Santo. Em sua propriedade, a produção é colhida manualmente e, para escoar a produção das montanhas, utiliza a Mulata, mula de extrema habilidade nas atividades diárias. Só que Marco pretende aposentar Mulata devido à sua idade e gostaria de empenhá-la antes da aposentadoria final. No entanto, ele não tem conseguido sucesso com a reprodução de Mulata, mesmo tendo colocado diversas vezes com o cavalo registrado de seu vizinho, e resolve pedir ajuda a um médico veterinário. Você, médico veterinário, explique a Marco o porquê de Mulata não estar empenhando.

Resolução da situação-problema

Você deve explicar a Marco que as mulas, como a Mulata, são animais híbridos interespecíficos entre éguas (*Equus caballus*, possui 64 cromossomos) e jumentos (*Equus asinus*, possui 62 cromossomos). E, devido ao número irregular de cromossomos dessa união (63 cromossomos), é um animal, via de regra, estéril. No entanto, é um animal que, por sua robustez e adaptabilidade, utilizado em montaria, tração e carga no mundo todo, inclusive nas lavouras de café do Espírito Santo. Ressalte a ele que existem criatórios específicos com foco na produção de muares (mulas e burros) e que ele poderá encontrar outro animal à altura para substituir sua fiel companheira de trabalho nessas propriedades.

Faça valer a pena

1. A evolução gradual dos equídeos está baseada em estudos de fósseis, a partir dos quais foi possível traçar aspectos adaptativos por meio de seleção natural, com relação às mudanças no seu ambiente. A história conhecida do cavalo moderno começa com o *Eohippus*, também conhecido como Cavalo Dawn, o qual se sabe ter vivido na América do Norte durante a época do Eoceno (54 a 38 milhões de anos atrás). Eventualmente, ele foi extinto, e foi o *Pliohippus* que promoveu a ligação na corrente do *Eohippus* até o gênero *Equus* do cavalo moderno. Com relação ao texto-base sobre a evolução dos equídeos, assinale a alternativa CORRETA que contenha o período em que o dedo central torna-se maior e mais forte.

- a) Pleistoceno.
- b) Plioceno.
- c) Mioceno.
- d) Oligoceno.
- e) Eoceno.

2. De acordo com o Boletim Estatístico do Ministério da Pecuária e Abastecimento (2012), a tilápia *Oreochromis niloticus* é a espécie de maior volume de produção em cultivo no Brasil, com uma produção média de aproximadamente 156 mil toneladas no ano de 2010, o que representou cerca de 40% do total de produção final de pescado (BRASIL, 2012). Com relação ao texto-base, associe os fatores predisponentes para seleção de tilápias.

I- Produtores.

II- Consumidores.

III- Melhoristas.

() Fácil reprodução, fácil mensuração morfométrica (comprimentos padrão, altura e comprimento da cabeça, altura e largura do corpo e proporções entre essas mensurações), boa conversão alimentar etc.

() Carne saborosa, baixo teor de gordura, ausência de espinhas intramusculares em forma de "Y", tamanho e cores.

() Fácil manejo, resistência a doenças, tolerância a baixos teores de oxigênio, onívora, rápido crescimento e rendimento de filé de alta qualidade, e ornamentação.

Assinale a alternativa correta:

- a) I, II e III.
- b) I, III e II.
- c) II, I e III.
- d) III, II e I.
- e) III, I e II.

3. Como sabemos, o fenótipo é função da genética, do meio ambiente e da interação entre genética e ambiente. Entre as espécies de produção animal, os peixes sofrem ação direta do ambiente aquático, o qual apresenta uma enorme variação em função da estação do ano e da região à qual a bacia hidrográfica pertence.

Em relação ao texto-base, assinale a alternativa correta que contém apenas fatores não genéticos que afetam a avaliação de desempenho em programas de seleção em peixes.

- a) Precocidade sexual, peso corporal, temperatura e pigmentação.
- b) Precocidade sexual, peso corporal, temperatura e qualidade da água.

- c) Idade do animal, peso corporal, temperatura e qualidade da água.
- d) Precocidade sexual, densidade, temperatura e qualidade da água.
- e) Idade do animal, densidade, temperatura e qualidade da água.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO MANGALARGA MARCHADOR. **Padrão da raça**. 2017. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/padraodaraca/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Relatório de serviço de registro genealógico de suínos**. 2017. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_RELABCS2016.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUARTO DE MILHA. **Padrão da raça**. 2017. Disponível em: <<http://www.abqm.com.br/pt/conteudos/quarto-de-milha>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

BELLUZZO, A. M. M. **O Brasil dos viajantes**. São Paulo: Metalivros/Fundação Odebrecht. 1994.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. MPA, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. FAO Yearbook. **Fishery and aquaculture statistics**. Rome, 2010.

_____. **The state of world fisheries and aquaculture**. 2014. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/YB_Overview.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2017.

JUMENTO PEGA BRASIL. **Padrão da raça**. 2017 Disponível em: <<http://www.jumentopegabrazil.com.br/index.php/sobre-a-raca-de-jumento-pega/padrao-da-raca-pega/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. **Tabela 3939**: Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Revisão do estudo do complexo do agronegócio do cavalo**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/equideocultura/anos-anteriores/revisao-do-estudo-do-complexo-do-agronegocio-do-cavalo>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ EDITORA, 2008.

ISBN 978-85-522-0152-6



9 788552 201526 >