

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GIOVANNA FARIA DE MORAES

**ESTUDO GENÉTICO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS EM UM REBANHO
NELORE**

UBERLÂNDIA

2016

GIOVANNA FARIA DE MORAES

**ESTUDO GENÉTICO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, da Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador (a): Prof. Dra. Isabel Cristina Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira

UBERLÂNDIA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M827e
2016

Moraes, Giovanna Faria de, 1991
Estudo genético do consumo alimentar residual e características produtivas e reprodutivas em um rebanho nelore / Giovanna Faria de Moraes. - 2016.

57 p. : il.

Orientadora: Isabel Cristina Ferreira.

Coorientador: Idalmo Garcia Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Zebu - Alimentação e rações - Teses. 3. Zebu - Melhoramento genetico - Teses. 4. Zebu - Nutrição - Teses. I. Ferreira, Isabel Cristina. II. Pereira, Idalmo Garcia. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.

GIOVANNA FARIA DE MORAES

ESTUDO GENÉTICO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, da Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Uberlândia, 04 de março de 2016.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Isabel Cristina Ferreira

(Orientadora – UFU)

Profa. Dra. Fernanda Marcondes de Rezende

(Examinadora – UFU)

Prof. Dr. Sandro Henrique A. Ribeiro

(Examinador – IFTM)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

Por serem meu maior exemplo de perseverança e dedicação.

Pelos imensuráveis esforços para a minha realização pessoal e profissional.

Por todo o auxílio, apoio, conselhos e ensinamentos.

Por todas as oportunidades, conquistas celebradas, e dificuldades superadas.

Por concederem a mim um amor infinito e altruísta.

Por serem meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Aos meus estimados orientadores, Prof. Dra. Isabel Cristina Ferreira, e Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira, por toda a confiança depositada, pelas oportunidades concedidas, pela paciência e dedicação ao meu aprendizado. Agradeço aos ensinamentos que extrapolaram os limites acadêmicos, e contribuíram não apenas para minha formação profissional, mas também pessoal.

Aos meus maravilhosos pais, que sempre me apoiaram e me incentivaram, concedendo- me a oportunidade de estudar e desenvolver esse trabalho.

À tia Kátia, sempre disposta a escutar as explicações e dúvidas em minhas análises, agradeço por todo o suporte, os conselhos e orações.

Ao meu namorado, João Paulo, pelo carinho e amparo em todos os momentos, principalmente naqueles de incertezas.

À Luiza, minha amiga e segunda coorientadora! Agradeço imensamente pelos ensinamentos a mim repassados, pela amizade, por toda a dedicação e apoio nos momentos mais complicados.

Aos professores e funcionários da UFU, em especial à Célia, e à Prof. Mara, sempre dispostas a ajudar. Aos professores e funcionários do PPGZ da UFMG, que tão bem me receberam, e tanto me ensinaram, agradeço em especial ao Prof. Fabio Toral, e ao Prof. Martinho.

A todas as meninas do LADA (Laboratório de Análise de Dados - UFMG), à Talita, à Gabi e à Nati, por terem me recebido de braços abertos e terem compartilhado comigo conhecimentos, risadas e momentos de superação.

À equipe da fazenda Rancho da Matinha, em especial ao Dr. Luciano Ribeiro e ao Prof. Dr. José Aurélio Bergmann, pela concessão dos dados, e principalmente pela confiança.

À CAPES pelo suporte financeiro durante o período do meu Mestrado.

Aos meus amigos, Anaís, Paula, Fernanda e Gustavo, pelo apoio sempre poderoso. Aos meus avós, à minha irmã, ao tio Rodrigo e demais familiares e amigos, agradeço a torcida, e a companhia. A todos que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho, muito obrigada!

Agradeço profundamente a Deus, pela oportunidade de realizar este trabalho, e pela honra de ter pessoas tão especiais ao meu lado.

“Do not worry about your difficulties in Mathematics. I can assure you mine are still greater.”

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade porque ele se tornará assim, uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Para fomentar a lucratividade na bovinocultura é importante selecionar animais que ingerem menos alimentos sem comprometer o desempenho. O consumo alimentar residual (CAR) permite identificação de animais que se mantém e produzem com consumo inferior ao esperado. Foram realizadas revisão de literatura abordando CAR como medida de eficiência alimentar e impactos da sua utilização como critério de seleção e um artigo sobre avaliação genética do CAR e do consumo alimentar residual ajustado para a gordura (CARFat), analisando a influência da seleção para essas variáveis sobre outras características. A revisão de literatura demonstrou que a seleção para CAR resulta em rebanhos com menor exigência de manutenção e consumo, entretanto, há divergências quanto às implicações em características de carcaça e precocidade reprodutiva. São necessários mais estudos, sobretudo em zebuíños, que avaliem o impacto da seleção para CAR e indiquem alternativas para sua utilização como critério de seleção. No artigo foram analisadas sete provas de eficiência alimentar, com 946 machos Nelore. Utilizou-se Inferência Bayesiana, modelo animal, análises uni e bicaracterística. Ingestão de matéria seca (IMS), ganho de peso diário (GPD), CAR, CARFat e peso metabólico ($PVM^{0,75}$) apresentaram herdabilidade moderada à alta, assim como área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura (EG), espessura de gordura na picanha (EGP8), marmoreio (MAR), acabamento (ACAB) e perímetro escrotal ajustado para 450 dias de idade (PE450). Correlações de CAR e CARFat com características de carcaça foram nulas, com exceção a AOL, que apresentou correlação genética com CAR e CARFat de -0,42. Correlações entre CAR e PE450 foram nulas e entre CARFat e PE450, altamente positivas. Seleção para CAR e CARFat resultaram em redução da IMS (-0,31 kg/dia, e -0,32 kg/dia, respectivamente). Com exceção a AOL que apresentou ganho indireto de $1,21\text{cm}^2$ e $1,24\text{ cm}^2$, ao selecionar para CAR e CARFat, respectivamente, respostas correlacionadas para características de carcaça foram nulas. Ganho indireto para PE450 foi negativo ao simular seleção para CARFat, enquanto que ao selecionar para CAR, foi nulo. Variabilidade genética observada no CAR e no CARFat demonstra que a seleção poderá promover ganhos genéticos, porém correlações genética desfavoráveis entre CARFat e PE450 devem ser analisadas.

Palavras chave: Eficiência Alimentar. Parâmetros Genéticos. Zebuíños.

ABSTRACT

To increase profitability in cattle breeding is important to select animals that ingest less food without compromising performance. The residual feed intake (RFI) allows the identification of animals that produce and maintains with lower consumption than expected. Were performed literature review addressing RFI as a measure of feed efficiency, and impacts of their use as selection criteria, and an article about genetic evaluation of RFI and residual feed intake adjusted for fat (RFIFat), analyzing the influence of selection for these variables on other traits. The literature review showed that selection for RFI results in herds with less demand of maintenance and consumption, however, there is disagreement about the implications on carcass traits and reproductive precocity. Are required more research, especially in zebu, to evaluate the impact of selection for RFI and indicate alternatives to their use as selection criteria. In the article it was analyzed seven tests of feed efficiency, with 946 Nellore males. It was used Bayesian Inference, animal model, in single and two-trait analysis. Dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), RFI, RFIFat, and metabolic weight (MBW) had moderate to high heritability, as well as rib eye area (REA), backfat thickness (BFT), rump fat thickness (RFT), marbling (MAR), subcutaneous fat thickness (SFT) and scrotal circumference adjusted to 450 days of age (SC450). Correlations of RFI and RFIFat with carcass traits were nil, except AOL, that showed genetic correlation with RFI and RFIFat of -0.42. Genetic and phenotypic correlation between RFI and SC450 were null and between RFIFat and SC450 highly positive. Selection for RFI and RFIFat resulted in a reduction of DMI (-0.31 kg /day, and -0.32 kg /day, respectively). Except REA, that showed positive indirect gain when selecting for RFI and RFIFat, correlated responses to carcass traits were nil. Indirect gain for SC450 was negative at simulated selection for RFIFat, while selecting for RFI was nil. Genetic variability observed in RFI and RFIFat demonstrates that the selection can promote genetic gains, however unfavorable genetic correlations between RFIFat and SC450 should be carefully analyzed.

Keywords: Food Efficiency. Genetic parameters. Zebu.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
1. Introdução.....	8
2. Revisão de Literatura.....	9
2.1 Rebanho Nelore Brasileiro.....	9
2.2 Consumo Alimentar Residual	10
2.2.1 Consumo Alimentar Residual como medida de Eficiência Alimentar	10
2.2.2 Relações entre Consumo Alimentar Residual e características de carcaça e características reprodutivas	12
2.3 Avaliação Genética	15
2.3.1 Avaliação Genética por análise Bayesiana.....	15
2.3.2 Grupo de contemporâneos.....	17
2.3.3 Parâmetros Genéticos.....	18
3. Considerações Finais a respeito do Capítulo 1	23
REFERÊNCIAS	24

CAPÍTULO 2 – Análise genética de medidas de eficiência alimentar com características de crescimento, de carcaça e perímetro escrotal em bovinos sob seleção..... 30

Introdução.....	31
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	36
Conclusão.....	42
Referências.....	43

Normas da Revista Ciência Animal Brasileira

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

O melhoramento genético animal visa aumentar a proporção de genótipos desejáveis em uma população, mediante a seleção e ao cruzamento de indivíduos que possuam constituição gênica mais favorável para determinado conjunto de características (PEREIRA, 2014). Grande parte dos programas de melhoramento genético existentes para bovinos de corte enfatiza a seleção para características como pesos em diversas idades, ganho de peso diário, perímetro escrotal e características de carcaça, entretanto, verifica-se também a necessidade em enfatizar a redução de insumos, a fim de aumentar a eficiência alimentar e maximizar a lucratividade do sistema de produção como um todo (DEL CLARO, 2012).

A alimentação é a maior despesa individual para a bovinocultura de corte intensiva, portanto, buscar animais mais eficientes na utilização dos nutrientes ajuda a reduzir os custos de produção (LANCASTER et al., 2009). Segundo Basarab et al. (2003), a habilidade para identificar animais que ingerem menos alimentos, sem comprometer o desempenho, poderá aumentar substancialmente a lucratividade, assim como reduzir os impactos ambientais dos sistemas de produção de carne.

Projetos de seleção genética destinados a triar bovinos que possam converter os alimentos em carne de forma mais eficiente, sem que outras características produtivas sejam afetadas são essenciais para evolução econômica do sistema de produção. Objetivou-se abordar o Consumo Alimentar Residual como medida de eficiência alimentar e os impactos da sua utilização na bovinocultura de corte como critério de seleção, esclarecendo pontos relacionados à avaliação genética por análise bayesiana.

2. Revisão de Literatura

2.1 Rebanho Nelore Brasileiro

Desde os primórdios da colonização do Brasil a bovinocultura esteve presente em prol do desenvolvimento econômico do país, seja como força de trabalho, seja como fonte de alimentos (EUCLIDES FILHO, 2009). Com o passar dos anos, com o auxílio de produtores e pesquisadores, a bovinocultura de corte passou a utilizar importantes inovações na gestão e nas tecnologias, levando ao favorecimento do melhoramento genético animal (PEREIRA, 2014).

Em países abrangidos por regiões tropicais, como o Brasil, a produção de carne é baseada, principalmente, em raças bovinas zebuínas (*Bos indicus*) e seus cruzamentos com *Bos taurus* (YOKOO et al., 2010; CHIZZOTTI et al., 2008). O Nelore é a raça com maior número de criadores no Brasil e corresponde por quase 80% do rebanho zebuíno brasileiro (ABCZ, 2015).

O crescimento da pecuária de corte permitiu a consolidação do Brasil em posição de liderança no cenário nacional e internacional de carnes. O Brasil possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, com projeção, segundo o Anualpec, edição de 2015, de cerca 197.675.930 de cabeças, e atua como grande exportador mundial de carne, com cerca de 760.000 toneladas equivalente-carcaça exportadas em 2014 (ANUALPEC, 2015), firmando a bovinocultura de corte como uma das atividades mais importantes do agronegócio brasileiro.

Estima-se que em 2015 o Brasil tenha produzido 51.705.000 toneladas de equivalente-carcaça (ANUALPEC, 2015), portanto, apesar de possuir o maior rebanho comercial do mundo, o Brasil necessita incrementar os índices de produtividade. Para modificar esse cenário e maximizar a lucratividade da bovinocultura de corte é fundamental que haja concomitante evolução de características de interesse econômico e também, controle de gastos com insumos para nutrição (LANCASTER et al., 2009), já que a alimentação representa a maior despesa individual desse sistema (BASARAB et al., 2003). Assim, selecionar animais mais eficientes quanto à utilização de alimentos, é uma ferramenta valiosa para o sucesso econômico da produção.

2.2 Consumo Alimentar Residual

2.2.1 Consumo Alimentar Residual como medida de Eficiência Alimentar

As características indicadoras de eficiência na utilização de alimentos pelos animais domésticos são em grande parte baseadas em informações de consumo e pesagens (GRION et al., 2014). As medidas de eficiência mais comumente estudadas e aplicadas em sistemas de produção são a conversão alimentar (CA), que é a razão entre a ingestão de matéria seca diária (IMS) e ganho de peso diário (GPD) e sua inversa, eficiência alimentar (EA), definida pela razão entre GPD e IMS. Archer et al. (1999) ressaltam que essas medidas podem estar confundidas com padrões de maturidade dos animais, por serem altamente correlacionadas com ganho de peso e taxa de crescimento e quando utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético, podem resultar em aumento significativo do consumo e do tamanho dos animais (HERD et al., 2003), o que dentro do sistema de produção não seria viável, já que procura-se diminuição nos custos.

Partindo das ideias de Byerly (1941), de que indivíduos com pesos iguais consomem quantidades distintas para o mesmo nível de produção, Koch et al. (1963) avaliaram 1324 bovinos das raças Hereford, Angus e Shorthorn e sugeriram que o consumo deve ser ajustado para o ganho de peso e para o peso vivo e então efetivamente dividido em: 1) consumo previsto para o nível de produção e manutenção, e 2) parcela residual, que possa classificar os animais conforme o desvio do nível de consumo esperado. Koch et al. (1963) atribuíram 38% da variação de ganho de peso a diferenças genéticas na eficiência alimentar e ressaltaram que a seleção deve ser realizada no sentido de aumentar a eficiência alimentar e resultar em maior ganho de peso diário, sem afetar o consumo.

O Consumo Alimentar Residual (CAR) é definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, sendo o consumo estimado calculado por equações de regressão da própria ingestão em função do peso vivo médio metabólico ($PVM^{0.75}$) e do ganho de peso diário (GPD), tornando possível a identificação de animais que se mantêm e crescem com consumo inferior ao esperado e assim são mais rentáveis ao produtor (BASSARAB et al., 2003). Frente aos estudos de Koch et al. (1963), o modelo sugerido por Arthur et al. (2001) para estimação do consumo predito é: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 GPD + \beta_2 PVM^{0.75} + \epsilon_i$, em que Y_i = consumo de matéria seca predito para o animal i ; β_0 = intercepto da

regressão; β_1 = coeficiente de regressão parcial sobre GPD; β_2 = coeficiente de regressão parcial sobre $PVM^{0.75}$; ϵ_i = erro residual do consumo predito do animal i .

Castro Bulle et al. (2007) encontraram diferenças entre animais alto CAR e baixo CAR de 15,3% no consumo de matéria seca e Nkrumah et al. (2004) relataram diferença de 16,6%. Em um experimento de seleção, Arthur et al. (2001) observaram um decréscimo anual de $0,240 \text{ kg dia}^{-1}$ de consumo alimentar pelos animais de um rebanho selecionado para baixo CAR (alta eficiência) em relação aos animais do rebanho selecionado para alto CAR (baixa eficiência), sem resposta correlacionada no peso ao ano e no ganho de peso, comprovando a eficácia da seleção para baixo CAR na redução dos custos de alimentação. Manafazar et al. (2015) relataram que novilhas de corte classificadas como de baixo CARfat (consumo alimentar residual ajustado para gordura) consumiram menos ração e ao longo de dois anos de estudo, não apresentaram repercussões negativas sobre o peso corporal e a taxa de crescimento em comparação com o restante do rebanho.

Estudo de Magnani et al. (2013) demonstraram que animais mais eficientes apresentaram maior digestibilidade da matéria seca, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido e celulose em relação aos animais menos eficientes. Animais com baixo consumo alimentar residual mostraram-se também com melhor eficiência alimentar e conversão alimentar (LUCILA SOBRINHO et al., 2013).

Herd et al. (2003) estudaram novilhas selecionadas na desmama para CAR negativo e observaram que esses animais também apresentavam CAR negativo em outras idades, sendo que a correlação do CAR na desmama com o CAR dos animais já adultos apresentou estimativa alta (0,98). Robinson e Oddy (2004), relataram que as medidas de eficiência que envolvem a IMS, GPD e o $PVM^{0.75}$, de maneira geral apresentam estimativas de herdabilidades moderadas a altas, em torno de 0,30 ($\pm 0,06$).

De acordo com Herd e Arthur (2009) os processos fisiológicos que contribuem para a variação do CAR são a ingestão de alimentos, a digestão de alimentos, o metabolismo animal, a atividade física e a termorregulação. Indicadores fisiológicos têm sido estudados para tentar identificar características que possam auxiliar na identificação de animais geneticamente superiores para CAR (LIMA et al., 2013).

Moore et al. (2005) afirmaram que a concentração sanguínea de IGF-I (hormônio fator de crescimento semelhante à insulina) apresentou correlação genética com CAR (0,57),

indicando que grande parte dos genes responsáveis pelo decréscimo da concentração de IGF-I no sangue associam-se à animais CAR negativos. No entanto, Lancaster et al. (2008) apresentam resultados contraditórios demonstrando que não há a correlação acima referida. Kelly et al. (2010) ressaltam que os genes responsáveis pela concentração sanguínea de IGF-I diferem entre as fases de desmame e terminação, sugerindo que o IGF-I pode não ser um bom informativo como preditor de CAR.

A concentração do hormônio leptina foi positivamente correlacionada com o CAR nos estudos de Chilliard et al. (1998) e Minton et al. (1998), devido aos maiores níveis de gordura nos animais ineficientes, já que a alta concentração desse hormônio é associada ao aumento de gordura. Resultados opostos foram relatados por Sanches et al. (2006), ao verificarem que o CAR teve correlação negativa com a leptina plasmática, ou seja, que animais com baixo CAR apresentaram níveis mais altos de leptina. Nos estudos de Sanches et al. (2006) não houve diferenças na gordura de cobertura, gordura de marmoreio e visceral entre os animais baixo e alto CAR, o que os levou concluírem que o menor consumo alimentar destes animais poderia ser consequência da inibição do apetite pelos níveis elevados de leptina.

Lima et al. (2013) ressaltaram que as pesquisas com indicadores fisiológicos e CAR ainda devem ser amplamente estudadas, pois este campo envolve descobertas recentes e divergências apresentadas na literatura, sendo necessário cautela ao decidir pré-selecionar os animais com o uso destas ferramentas. Como relatado por Mao et al. (2013), o estudo de medidas de eficiência alimentar, como o CAR e suas relações com demais características de interesse econômico em bovinos de corte de diferentes raças fornecem referências para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético que busquem animais mais rentáveis.

2.2.2 Relações entre Consumo Alimentar Residual e características de carcaça e reprodutivas

A seleção para qualidade de carcaça é de grande importância, pois a gordura corporal protege a carcaça no resfriamento, confere acabamento ao gado de corte e ainda atua como reserva energética em matrizes, para concomitante manutenção da condição corporal e prenhez, além de futura boa lactação e, no caso de novilhas, para crescimento (SANTANA et

al., 2014). De acordo com Yokoo et al. (2008), as principais características avaliadas no exame de ultrassonografia de carcaça são a área de olho de lombo (AOL) (área de secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* entre as 12^a e 13^a costelas), espessura de gordura (EG) (espessura do depósito de gordura subcutânea entre as 12^a e 13^a costelas sobre o músculo *Longissimus dorsi*), espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP8) (espessura do depósito de gordura subcutânea entre os ossos íleo e ísqueo, mensurada na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*), e marmoreio (MAR) (porcentagem de gordura intramuscular avaliada na direção longitudinal sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 12^a e a 13^a costelas). Estudos relatam que o CAR está relacionado com a taxa de deposição de gordura, afirmando que animais com fenótipos de consumo alimentar residual favoráveis têm carcaças mais magras (NKRUMAH et al., 2007), o que pode levar a respostas correlacionadas não desejadas na qualidade da carcaça (ARTHUR et al., 2005).

Santana et al. (2012) relataram que a menor deposição de gordura corporal em bovinos de CAR negativo pode sugerir que a seleção para melhorar o CAR teria como consequência animais com menores reservas corporais. Animais destinados ao abate que possuem menor taxa de deposição de gordura subcutânea na carcaça, teoricamente, atingem acabamento de gordura mínimo necessário mais tarde, necessitando permanecer mais tempo em regime de terminação, o que pode aumentar os custos de produção (YOKOO et al., 2009). Por tais motivos, Santana et al. (2012) sugerem que a seleção para eficiência alimentar inclua características como depósito de gordura subcutânea.

A inclusão do ajuste para EG no modelo do CAR realizada por Mao et al. (2013) resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG de 0,19 para 0,01 em animais da raça Charolês, e de 0,07 para 0,02 em animais Angus. Basarab et al. (2003) estudando gado de corte mestiços, relataram que o ajuste para EG e para MAR no cálculo do CAR resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG, e entre CAR e MAR (0,12 para -0,06, e 0,15 para 0,10, respectivamente).

De acordo com o estudo de Mao et al. (2013) a inclusão do ajuste para EG no modelo do CAR mostrou uma redução na magnitude da correlação genética com espessura de gordura na carcaça (0,42 para 0,23) e com o marmoreio (0,14 para 0,02) nos novilhos Charolês, e uma ligeira redução da correlação genética com marmoreio em novilhos Angus (0,18 para 0,15). A inclusão de ajustes no cálculo do CAR torna a característica fenotipicamente independente da

medida para a qual foi ajustada, e então a seleção animal é capaz de encontrar animais eficientes na utilização de alimentos, mantendo bons índices de qualidade de carcaça.

Há estudos que indicam que as características de desempenho podem ser antagônicas à eficiência reprodutiva, como relatado por Shaffer et al. (2011), que demonstraram que novilhas da raça Britânica ineficientes (valores positivos) quanto ao CAR atingiram idade à puberdade 13 dias mais cedo do que novilhas eficientes (valores negativos) quanto ao CAR. O aumento de uma unidade no consumo alimentar residual resultou em redução de 7,54 dias na idade à puberdade em novilhas *Bos taurus* segundo os estudos de Randel e Wesh (2013), sendo que a forte influência da gordura corporal no retorno ao estro pós-parto indica que a seleção para novilhas mais magras podem afetar o desempenho reprodutivo em relação à puberdade.

Basarab et al. (2011) demonstraram que quando o CAR foi ajustado para espessura de gordura, não houve diferenças na taxa de prenhez e na produtividade em novilhas de corte, no entanto, ao analisar o CAR sem ajustes, a seleção para as novilhas eficientes contribuiu para a redução de taxas de prenhez. Os autores relatam ainda, uma mortalidade de bezerros superior nas crias de novilhas ineficientes quanto ao CAR, e ressaltam a necessidade de mais pesquisas nesta área.

Crowley et al. (2011) em seus estudos, relataram correlações genéticas estimadas entre idade ao primeiro parto e CAR de $-0,29 \pm 0,14$, e sugerem que a seleção para aumento da eficiência pode atrasar a idade ao primeiro parto em bovinos de corte. Estudos com animais das raças Santa Gertrudis e Brahman selecionados para baixo consumo alimentar residual demonstraram influência negativa sobre idade ao primeiro parto, mas não no intervalo entre partos (RANDEL e WESH, 2013).

Alguns estudos encontrados na literatura afirmam que o CAR não é fenotipicamente associado ao perímetro escrotal ou à motilidade dos espermatozoides (Arthur et al., 2001, Schenkel et al., 2004 e Hafla et al., 2012). Entretanto, resultados opostos foram encontrados por Awda et al. (2013), que relataram que os touros jovens com maior eficiência alimentar apresentaram menores índices de motilidade espermática e de perímetro escrotal, quando comparado àqueles de menor eficiência alimentar, sendo este um efeito indesejável. Pesquisas de Wang et al. (2012) demonstraram que a proporção de touros que não cumpriram a exigência mínima de 60% de espermatozoides com boa motilidade foi maior no grupo CAR

negativo (eficientes) do que no grupo CAR positivo (ineficientes) com valores de 10,2 e 4,4 % , respectivamente.

Os resultados de Hafla et al. (2012) sugerem que o CAR está desfavoravelmente associado à morfologia espermática em touros jovens, no entanto, quando o CAR foi ajustado para espessura de gordura, a magnitude da associação com a morfologia dos espermatozóides foi reduzida. Os autores ressaltam ainda que o CAR tem o potencial de melhorar a lucratividade do sistema de produção de carne bovina, entretanto, são necessárias mais pesquisas que explorem associações entre CAR e fertilidade.

A seleção de animais melhoradores deve ser realizada com sensatez, levando em consideração características economicamente relevantes. Desta maneira, pesquisar o efeito da correlação entre eficiência alimentar e outras características produtivas e reprodutivas é fundamental para instruir produtores e pesquisadores, para que seja possível realizar uma seleção equilibrada e harmônica de fêmeas e touros Nelore melhoradores para a pecuária brasileira.

2.3 Avaliação genética

2.3.1 Avaliação genética por inferência Bayesiana

A teoria Bayesiana foi utilizada na área do melhoramento genético, pela primeira vez, por Gianola e Fernando em 1986, com base nos trabalhos desenvolvidos por Thomas Bayes em 1761, e desde então métodos Bayesianos são uma opção para avaliação do mérito genético em populações animais com complexas informações de pedigree (YOKOO et al., 2014). A inferência Bayesiana propicia estimativas precisas de componentes de variância, parâmetros genéticos, valores genéticos e ganhos genéticos, especialmente em amostras de tamanho finito (RESENDE e ROSA-PEREZ, 1999).

Gianola et al. (1994) ressaltaram que métodos frequentistas, como o REML (Método da Máxima Verossimilhança Restrita) fornecem estimativas pontuais da variância genética e diante de uma simples medida de erro, haveria sentido apenas em grandes amostras. Já as análises Bayesianas permitem o cálculo da densidade marginal posterior do parâmetro de interesse, e assim é viável quantificar o erro de um parâmetro desconhecido, levando à maior precisão da estimação dos parâmetros, mesmo em amostras menores. Blasco (2001)

afirma que métodos frequentistas e métodos bayesianos possuem consistentes fundamentações teóricas, e a escolha de um deles depende da capacidade e da facilidade de resolução de cada caso, e também das preferências pessoais dos pesquisadores interessados.

De acordo com Nogueira et al. (2003), a metodologia Bayesiana considera a incerteza existente sobre todos os parâmetros do modelo, e possibilita a inclusão de informações passadas, pelo uso de distribuições *a priori*, já que, combinando a verossimilhança com *as prioris*, pelo teorema de Bayes, obtém-se a distribuição *a posteriori* conjunta dos parâmetros, simultaneamente. A inferência Bayesiana permite a utilização de informações adquiridas antes da obtenção dos dados, que são incluídas na análise frente ao fornecimento de uma distribuição *a priori* dos parâmetros que serão analisados, concomitantemente com a expressão de incerteza da distribuição. As informações *a priori* advém de considerações teóricas ou de análises de outros experimentos, e influenciam a distribuição *a posteriori* por meio da função de verossimilhança, considerando dados do experimento e a expressão de incerteza na distribuição inicial fornecida (RESENDE, 2000).

O amostrador de Gibbs é amplamente utilizado para a viabilização da inferência Bayesiana no melhoramento animal (MAGNABOSCO et al., 2000; BLASCO, 2001; FARIA et al., 2007), por meio de algoritmos destinados à solução de problemas da integração numérica da função densidade de probabilidade, o que torna possível a obtenção de amostras das distribuições marginais das variáveis aleatórias (RESENDE, 2000). De acordo com Van Tassel e Vleck (1995), o amostrador de Gibbs atua com processos de aproximação de valores esperados para cada parâmetro não conhecido no modelo, sendo o ciclo para geração de cada parâmetro repetido para atualização das distribuições condicionais. Tal amostragem converge para uma distribuição em equilíbrio (estacionária), e após convergência os valores amostrados são considerados amostras aleatórias da distribuição *a posteriori*, e estas distribuições são então usadas para estimar os parâmetros (YOKOO et al., 2014).

Antes da retirada das amostras a serem consideradas na inferência, algumas interações iniciais devem ser descartadas, pois a amostragem inicial é baseada na distribuição *a priori* fornecida, e ocorre fora da distribuição real dos parâmetros. Este período de descarte inicial objetiva distanciar o amostrador *da priori*, e assim atingir uma distribuição estacionária do parâmetro (VAN TASSEL e VLECK, 1995). De acordo com Resende (2000), amostras sucessivas são correlacionadas entre si, o que torna necessário o descarte de várias interações

entre amostras a serem consideradas, diminuindo a dependência entre as mesmas com o aumento da distância entre as interações.

2.3.2 Grupo de contemporâneos

Grupo de contemporâneos (GC) é um grupo de animais manejados em condições ambientais semelhantes, e sua definição tem como objetivo minimizar os efeitos de meio sobre a expressão das características de interesse (BOURDON, 2000). De acordo com Marestone et al. (2013), o conceito de grupo de contemporâneos está, basicamente, no agrupamento de animais que receberam as mesmas oportunidades, e assim tiveram as mesmas chances para expressar seus genótipos.

Para que haja uma análise confiável, ao definir grupo de contemporâneos, animais com medidas extremas, devem ser excluídos do banco de dados (MARESTONE et al., 2013). Yokoo et al. (2009) sugerem a eliminação da base de dados animais com medidas de três desvios-padrão acima ou abaixo da média do seu respectivo GC, além da eliminação dos GC que contenham apenas animais filhos de um mesmo touro.

Yokoo et al. (2009), em seus estudos de características de carcaça definiram o grupo de contemporâneos como animais da mesma fazenda, sexo, estação e ano de nascimento e lote de manejo. Em modelos utilizados para estimar parâmetros genéticos das características de carcaça, os efeitos de classe da idade da vaca ao parto e idade do animal na mensuração, além do grupo de contemporâneos também são incluídos em algumas análises, dependendo das particularidades de cada banco de dados (REVERTER et al., 2000).

Para as características de ganho de peso até a desmama, Laureano et al. (2011) sugerem que sejam considerados nos grupos de contemporâneos a fazenda de nascimento, fazenda da desmama, grupo de manejo ao nascimento, grupo de manejo à desmama, ano e mês de nascimento e sexo. Para o perímetro escrotal, o grupo de contemporâneos sugerido foi o mesmo descrito para características de ganho de peso, porém sem a inclusão do sexo. Grion et al. (2014), analisando o consumo alimentar residual, ressaltam que para animais que participam de testes, como é o caso de provas de eficiência alimentar, é fundamental a inclusão do número da prova que o animal participou no grupo de contemporâneos.

2.3.3 Parâmetros genéticos

O acompanhamento da eficiência do programa de melhoramento genético utilizado em um rebanho é fundamental para a evolução da produção. A análise dos parâmetros genéticos e a estimativa de mudanças genéticas são imprescindíveis para o estabelecimento de diretrizes que guiem ações futuras (EUCLIDES FILHO et al., 2009). Há vários trabalhos publicados com estimativas de parâmetros genéticos de características de eficiência alimentar em bovinos de corte, sobretudo de raças taurinas, entretanto, resultados em *Bos indicus* e, mais especificamente na raça Nelore, são escassos (Tabelas 1, 2 e 3).

Conforme relatado por Pereira (2014), o estudo da genética dos caracteres quantitativos é centrado na variação. A ideia básica do estudo da variação é a partição da variação total de determinada característica em componentes atribuíveis a diferentes causas (genéticas, ambientais e residuais), e a magnitude relativa desses componentes determina as propriedades genéticas da população (ELER, 2008). A herdabilidade é a proporção de variância genética aditiva sobre a variância fenotípica total, ou seja, a proporção herdável da variabilidade total, portanto, elevada estimativa de herdabilidade significa que a maior parte da variação observada na população atual é causada pela variação dos valores genéticos (PEREIRA, 2014).

As estimativas de herdabilidade relatadas na literatura, para as características CAR, Consumo e GPD, apresentam grandes amplitudes, sobretudo, com valores moderados a altos (Tabela 1). A característica consumo alimentar residual apresentou variações de 0,13 a 0,68, ao se analisar artigos publicados em revistas de alto impacto científico, desde o ano de 2006. De acordo com Del Claro et al. (2012), tal fato pode ser atribuído à tendência de as estimativas de herdabilidade provenientes de amostras menores ou com estrutura de família fraca (com erro-padrão maior) apresentarem valores mais altos aos das estimativas de herdabilidade de amostras maiores (com erro-padrão menor). Os autores ressaltam ainda, ao realizarem estudo de meta análise com 22 artigos publicados desde 1963, que 67% da variação das estimativas de herdabilidade para a característica CAR, foi explicada pelos fatores sexo, país e raça.

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade para Consumo alimentar residual (CAR), Consumo, e Ganhos de peso diário (GPD) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n	Herdabilidade		
			CAR	Consumo	GPD
Hoque et al. (2006)	Wagyu	740	0,24	0,78	0,25
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,21	0,54	0,59
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1304	0,29	0,33	0,26
Barwick et al. (2009)	Brahman	1007	0,24	0,49	0,41
Barwick et al. (2009)	Tropical Composto	1209	0,38	0,51	0,50
Lancaster et al. (2009)	Brangus	468	0,47	0,48	0,21
Rolf et al. (2010)	Angus	862	0,14	0,14	0,09
Durunna et al. (2011)	Angus X Charolês	490	0,42	0,34	0,23
Mujibi et al. (2011)	Angus X Charolês	721	0,29	0,41	0,28
Rolfe et al. (2011)	Cruzado	1183	0,46	0,32	0,22
Williams et al. (2011)	Holandês	903	0,27	0,17	0,22
Berry e Crowley (2012)	Touro Irlandês	2605	0,45	0,49	0,30
Del Claro et al. (2012)	Meta Análise	52637	0,29	0,41	0,35
Mao et al. (2013)	Angus	551	0,47	0,39	0,38
Mao et al. (2013)	Charolês	417	0,68	0,54	0,54
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,33	0,60	0,42
Santana et al. (2014)	Nelore	1038	0,37	0,40	0,35

Koch et al. (1963), autores do primeiro trabalho publicado sobre parâmetros genéticos para consumo alimentar residual, estudaram dados provenientes de animais de algumas linhas de seleção de Angus, Hereford e Shorthorn, e estimaram herdabilidade de CAR de 0,28 com base no parentesco de machos com progêneres, não sendo considerado o parentesco de filhos da mesma fêmea, metodologia disponível na época da publicação do trabalho. Já no Modelo Animal, amplamente utilizado a partir das décadas de 80 e 90, todos os animais pertencentes à matriz de parentesco (touros, vacas e produtos) tem seus valores genéticos estimados (PEREIRA, 2014).

De acordo com Marcondes et al. (2011), estatisticamente, a correlação pode ser definida como a dependência entre as funções de distribuição de duas ou mais variáveis aleatórias, em que a ocorrência do valor de uma favorece a ocorrência de um conjunto de valores das outras. A correlação genética entre duas características é, segundo Pirchner (1983), a correlação entre efeitos dos genes que as influenciam. Falconer (1987) a define como correlação entre os valores genéticos dos indivíduos para as duas características sob consideração. A importância do estudo das correlações genéticas está no fato de que a seleção para uma determinada característica pode causar resposta em outra geneticamente relacionada.

Nota-se na literatura, uma alta variação nas estimativas encontradas para correlações genéticas entre CAR e Consumo, e entre CAR e GPD (Tabela 2). Isto ocorre devido ao fato de que cada rebanho analisado apresentará variâncias genéticas aditivas singulares a suas peculiaridades, como seleções, e coeficientes de parentesco (PEREIRA, 2014). Na Tabela 3, pode-se verificar variâncias genética aditiva para CAR, encontradas na literatura. Pereira (2014) ressaltou que para manter o ganho genético quando a seleção é realizada há tempos, é importante incluir variância genética no rebanho.

Segundo Silva (2009) as causas de correlação genética entre duas características podem ser permanentes ou transitórias. A causa permanente é a pleiotropia, em que o grau de correlação expressa a intensidade pela qual duas características são influenciadas pelos mesmos genes (FALCONER, 1987). A causa transitória é a ligação gênica ou linkage que acontece quando genes que estão muito próximos no cromossomo agem conjuntamente. Neste caso, a correlação causada pela proximidade tende a desaparecer com o tempo à medida que o *crossing-over* vai separando os genes que estavam originalmente próximos no cromossomo (CARDELLINO e ROVIRA, 1989; FALCONER, 1987).

Tabela 2. Estimativas de correlações genéticas entre Consumo alimentar residual (CAR), Consumo, e Ganho de peso diário (GPD) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n	Correlações genéticas	
			CAR X	CAR X GPD
			Consumo	
Hoque et al. (2006)	Wagyu	740	0,78	0,25
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,73	0,46
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1304	0,56	- 0,14
Barwick et al. (2009)	Brahman	1007	0,59	0,02
Lancaster et al. (2009)	Brangus	468	0,85	0,04
Crowley et al. (2010)	Touro Irlandês	2102	0,59	0,01
Durunna et al. (2011)	Angus X Charolês	490	0,59	- 0,15
Rolfe et al. (2011)	Cruzado	1183	0,52	- 0,16
Berry e Crowley (2012)	Cruzado	2605	0,59	0,01
Del Claro (2012)	Meta análise	52637	0,63	0,01
Mao et al. (2013)	Angus	551	0,58	0,00
Mao et al. (2013)	Charolês	417	0,52	- 0,01
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,33	0,06
Santana et al. (2014)	Nelore	1038	0,95	0,05

Tabela 3. Estimativas de variância genética aditiva para Consumo alimentar residual (CAR) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n	Variância genética aditiva para CAR
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,15
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1304	0,41
Zamani et al. (2008)	Holandês	906	0,44
Barwick et al. (2009)	Brahman	1007	0,19
Barwick et al. (2009)	Composto tropical	1209	0,41
Hoque et al. (2009)	Wagyu	22099	0,10
Crowley et al. (2010)	Touros Irlandeses	2102	0,11
Berry e Crowley (2012)	Cruzado	2605	0,45
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,04
Oliveira et al. (2014)	Nelore	593	0,14
Santana et al. (2014)	Nelore	1038	0,20

3. Considerações finais a respeito do capítulo 1

A seleção de bovinos para o consumo alimentar residual resulta em rebanhos com menor exigência de manutenção e menor consumo, entretanto, há divergências quanto a suas implicações em outras características economicamente relevantes, como qualidade de carcaça e precocidade reprodutiva. São necessários mais estudos genéticos, sobretudo em animais zebuínos, que avaliem o impacto da seleção para CAR e indiquem alternativas para sua utilização como critério de seleção, mantendo a intenção evolutiva do objetivo de seleção.

REFERÊNCIAS

ABCZ. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, 2015. Disponível em:
<http://www.abcz.org.br> Acesso em: 26 nov. 2015.

ANUALPEC 2015. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo, Instituto FNP e Argos comunicação, p. 49-80, 2015.

ARCHER, J. A. et al. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 50, n. 2, p. 147 – 162.1999.

ARTHUR, P. F. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 11, p. 2805-2811, 2001.

ARTHUR, P. F. et al. Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 45, n. 8, p. 985-993, 2005.

AWDA, B. J. et al. The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 93, n. 2, p. 185-192, 2013.

BARWICK, S. A. et al. Genetics of steer daily and residual feed intake in two tropical beef genotypes, and relationships among intake, body composition, growth and other post-weaning measures. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 49, n. 6, p. 351-366, 2009.

BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.

BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 91, n. 4, p. 573-584, 2011.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 109-115, 2012.

BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 2023-2046, 2001.

BOURDON, R. M. **Understanding animal breeding**. 2º ed. Englewood Cliffs New Jersey: Prentice Hall, 2000. 538 p.

BYERLY, T. C. **Feed and other costs of producing market eggs**. College Park, Maryland. The University of Maryland Agric. Exp. 1941. (Technical Bulletin A1)

CARDELLINO, R.; ROVIRA, J. **Mejoramiento Genético Animal**. Ed. Agropecuária, Hemisfério Sur, Montevideo, Uruguai, 1989.

CASTRO BULLE, F. C. P. et al. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 4, p. 928-936, 2007.

CHILLIARD, Y. et al. Plasma leptin in underfed or overfed adult Holstein and Charolais cows, and its relationship with adipose tissue cellularity. **International Journal of Obesity**, London, v. 22, n. Suppl 3, p. s171, 1998.

CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 86, n. 7, p. 1588-1597, 2008.

CROWLEY, J. J. et al. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 3, p. 885-894, 2010.

CROWLEY, J. J. et al. Genetic relationships between feed efficiency in growing males and beef cow performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3372-3381, 2011.

DEL CLARO, A. C.; MERCADANTE, M. E. Z.; SILVA, J. A. II V. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e a suas características componentes em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 302-310, 2012.

DURUNNA, O. N. et al. Genetic parameters and genotype \times environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3394-3400, 2011.

ELER, Joanir Pereira. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal**. FZEA/USP, 2008.

EUCLIDES FILHO, K. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil **Revisa Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 620-626, set/out, 2009.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. DS Falconer, 2. ed. London: Longman Group Corp. 340p.1987.

FARIA, C. U., et al. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.

GIANOLA, D.; FERNANDO, R. L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 217-244, 1986.

- GIANOLA, D.; RODRIGUEZ-ZAS, S.; SHOOK, G. E. The Gibbs sampler in the animal model: A primer. **Séminaire Modele Animal**. INRA, La Colle sur Loup, p. 47-56, 1994.
- GRION, A. L. et al. Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 3, p. 955-965, 2014.
- HAFLA, A. N. et al. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. **Journal of animal science**, Champaign, v. 90, n. 11, p. 3937-3944, 2012.
- HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. Suppl 1, p. E9-E17, 2003.
- HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 14_suppl, p. E64-E71, 2009.
- HOQUE, M. A. et al. Genetic relationship between different measures of feed efficiency and its component traits in Japanese Black (Wagyu) bulls. **Livestock Science**, Foulum, v. 99, n. 2, p. 111-118, 2006.
- KELLY, A. K. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 109-123, 2010.
- KOCH, R. M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, n. 2, p. 486-494, 1963.
- LANCASTER, P. A. et al. Effects of divergent selection for serum IGF-I concentration on performance, feed efficiency and ultrasound measures of carcass composition traits in Angus bulls and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 2862-2871, 2008.
- LANCASTER, P. A. et al. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 3887-3896, 2009.
- LAUREANO, M. M. M. et al. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore: Estimates of heritability and genetic trends for growth and reproduction traits in Nelore cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 1, p. 143-152, 2011.
- LIMA, N. L. L.; PEREIRA, I. G.; RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013.

LUCILA SOBRINHO, T. et al. Feedlot performance, feed efficiency and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 2, p. 125-129, 2013.

MAGNABOSCO, C. U.; LÔBO, R. B.; FAMULA, T. R. Bayesian inference for genetic parameter estimation on growth traits for Nelore cattle in Brazil, using the Gibbs sampler. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 117, n. 3, p. 169-188, 2000.

MAGNANI, E. et al. Relações entre consumo alimentar residual, comportamento ingestivo e digestibilidade de novilhas Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 70, n. 2, p. 187-194, 2013.

MANAFIAZAR, G. et al. Effect of post-weaning residual feed intake classification on grazed grass intake and performance in pregnant beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 95, n. 3, p. 369-381, 2015.

MAO, F. et al. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 5, p. 2067-2076, 2013.

MARCONDES, M. I. et al. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1313-1324, 2011.

MARESTONE, B. S. et al. Características reprodutivas, de crescimento e idade ao primeiro parto em bovinos da raça Holandesa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6Supl2, p. 4105-112, 2013.

MINTON, J. E. et al. Serum leptin is associated with carcass traits in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. Suppl 1, p. 231, 1998.

MOORE, K. L. et al. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor-I (IGF-I) and net feed intake, fat, and growth traits in Angus beef cattle. **Crop and Pasture Science**, Clayton South, v. 56, n. 3, p. 211-218, 2005.

MUJIBI, F. D. N. et al. Accuracy of genomic breeding values for residual feed intake in crossbred beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3353-3361, 2011.

NKRUMAH, J. D. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 10, p. 2711-2720, 2007.

NOGUEIRA, D. A. et al. Análises clássica e Bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1614-1624, 2003.

OKANISHI, T. et al. Genetic analysis of residual feed intakes and other performance test traits of Japanese Black cattle from revised protocol. **Animal Science Journal**, Malden, v. 79, n. 3, p. 291-296, 2008.

OLIVEIRA, P.S. N et al. Identification of genomic regions associated with feed efficiency in Nelore cattle. **BMC genetics**, London, v. 15, n. 1, p. 100, 2014.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4 .ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2014. 758p.

PIRCHNER, F. et al. **Population genetics in animal breeding**. Dairy Goat Journal Publishing Co., Scottsdale, AZ (EUA), 1983.

RANDEL R.D., WELSH, JR T.H. Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.91, p.1321-1322, 2013.

RESENDE, M. D. V., ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética quantitativa e estatística no melhoramento animal**. Curitiba: UFPR, 1999.

RESENDE, M. D. V. Inferência Bayesiana e simulação estocástica (amostragem de Gibbs) na estimativa de componentes de variância e de valores genéticos em plantas perenes. Embrapa Florestas. 2000.

REVERTER, A. et al. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 7, p. 1786-1795, 2000.

ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Foulum, v. 90, n. 2, p. 255-270, 2004.

ROLF, M. M. et al. Impact of reduced marker set estimation of genomic relationship matrices on genomic selection for feed efficiency in Angus cattle. **BMC genetics**, London, v. 11, n. 1, p. 24, 2010.

ROLFE, K. M. et al. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3452-3459, 2011.

SANCHES, A.C., et al. Leptina plasmática e característica de carcaça em novilhos de corte de alto e baixo consumo alimentar residual. 43^a REUNIÃO ANUAL da SOCIEDADE BRASILEIRA de ZOOTECNIA. João Pessoa. **Anais**. CD-ROM. 2006.

SANTANA, M. H. A. et al. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. **Livestock Science**, Foulum, v. 145, n. 1, p. 252-257, 2012.

SANTANA, M. H. A. et al. Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. **Livestock Science**, Foulum, v. 167, p. 80-85, 2014.

SCHENKEL, F. S.; MILLER, S. P.; WILTON, J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 2, p. 177-185, 2004.

SHAFFER, K. S. et al. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1028-1034, 2011.

SILVA, M. A. **Conceitos de genética quantitativa e de populações aplicados ao Melhoramento Genético Animal**. Belo Horizonte, FEP MVZ. 2009.

VAN TASSELL, C. P.; VAN VLECK, L. D. A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply gibbs sampling to animal models for variance component estimation. **US Department of Agriculture, Agricultural Research Service**, Lincoln, 1995.

YOKOO, M. J. I. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, Foulum, v. 117, n. 2, p.147-154. 2008.

YOKOO, M. J. I. et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 197-202, 2009.

YOKOO, M. J. I. et al. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 52-58, 2010.

YOKOO, M. J. I. et al. O uso da estatística Bayesiana no melhoramento genético animal: uma breve explicação. **Embrapa Pecuária Sul-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

WANG, Z. et al. Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 2963-2969, 2012.

WILLIAMS, Y. J. et al. Variation in residual feed intake in Holstein-Friesian dairy heifers in southern Australia. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 9, p. 4715-4725, 2011.

ZAMANI, P., MIRAEI-ASHTIANI, S. R., MOHAMMADI, H. Genetic parameters of residual energy intake and its correlations with other traits in Holstein dairy cattle. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, Ankara, v. 32, n. 4, p. 255-261, 2008.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE GENÉTICA DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR COM CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, DE CARCAÇA E PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS SOB SELEÇÃO.

RESUMO: Objetivou-se realizar avaliação genética de consumo alimentar residual (CAR), e consumo alimentar residual ajustado para a gordura (CARFat) e analisar a influência da seleção para essas variáveis sobre características de desempenho, carcaça e perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (PE450). Foram analisados dados de 946 machos Nelore, com idade média de 304 dias, que participaram de sete provas de eficiência alimentar em confinamento. A avaliação genética foi realizada com modelo animal, em que a prova de eficiência alimentar e a idade do animal no início da prova foram considerados efeitos lineares. As correlações e os ganhos genéticos foram estimados por análises bicaracterística entre as medidas de eficiência alimentar CAR e CARFat e as demais variáveis. Ingestão de matéria seca (IMS), ganho de peso diário (GPD), CAR, CARFat, e peso metabólico ($PVM^{0,75}$) apresentaram herdabilidade moderada a alta (0,49, 0,28, 0,33, 0,36, 0,38, respectivamente), assim como área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura (EG), espessura de gordura na picanha (EGP8), marmoreio (MAR), acabamento (ACAB), e PE450 (0,46, 0,37, 0,57, 0,51, 0,47, 0,51 e 0,80, respectivamente). Correlações de CAR e CARFat com características de carcaça foram nulas, com exceção a AOL, que apresentou correlação genética com CAR e CARFat de -0,42. Correlações genética e fenotípica entre CAR e PE450 foram nulas, e entre CARFat e PE450 foram altamente positivas (0,91 e 0,80, respectivamente). Considerando intensidade de seleção de 5%, a seleção para CAR e CARFat resultaria em redução da IMS (-0,31 kg/dia, e -0,32 kg/dia, respectivamente). Com exceção a AOL que apresentou estimativas de ganho indireto de $1,21\text{cm}^2$ e $1,24\text{ cm}^2$, ao selecionar para CAR e CARFat, respectivamente, respostas correlacionadas para características de carcaça foram nulas. Ganho indireto para PE450 foi negativo ao simular seleção para CARFat, enquanto que ao selecionar para CAR, foi nulo. Variabilidade genética observada no CAR e no CARFat demonstra que ao realizar seleção para essas características poderá haver incremento dos ganhos genéticos, porém, correlações genética desfavoráveis entre CARFat e PE450 devem ser analisadas, para que uma prévia seleção para características reprodutivas possa prevenir efeitos deletérios no rebanho.

Palavras chave: consumo alimentar residual, desempenho, parâmetros genéticos, teste de performance, zebu

GENETIC ANALYSIS OF FEED EFFICIENCY MEASURES WITH GROWTH AND
CARCASS TRAITS, AND SCROTAL CIRCUMFERENCE IN CATTLE UNDER
SELECTION

ABSTRACT: The aim was to conduct genetic evaluation of residual feed intake (RFI), and residual feed intake adjusted for fat (RFIFat) and analyze the influence of selection for these variables on performance, carcass and scrotal circumference adjusted to 450 days of age (SC450). Data were analyzed from 946 Nellore males with an average age of 304 days, which participated of seven feed efficiency tests in confinement. The genetic evaluation was performed with animal models, in which the proof of feed efficiency and the age of the animal at the beginning of the test were considered linear effects. Correlations and genetic gains were estimated by two-trait analysis between the feed efficiency measures RFI and RFIFat with other variables. Dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), RFI, RFIFat, and metabolic weight ($MBW^{0.75}$) showed moderate to high heritability (0.49, 0.28, 0.33, 0.36, 0.38, respectively) and ribeye area (REA), backfat thickness (BFT), rumpfat thickness (RFT), marbling score (MAR), subcutaneous fat thickness (SFT) and SC450 (0.46, 0.37, 0.57, 0.51, 0.47, 0.51 and 0.80, respectively). Correlations of RFI and RFIFat with carcass traits were nil, except REA, which showed genetic correlation with RFI and RFIFat of -0.42. Genetic and phenotypic correlations between RFI and SC450 were nil, and between RFIFat and SC450 were highly positive (0.91 and 0.80, respectively). Whereas selection intensity of 5%, the selection of RFI and RFIFat result in reduction in DMI (-0.31 kg / day, and -0.32 kg / day, respectively). Except REA, that had indirect gain estimates 1.21cm^2 and 1.24 cm^2 , selecting for RFI and RFIFat respectively correlated responses to carcass traits were nil. Indirect gain for SC450 was negative when simulate selection for RFIFat, while selecting for RFI, was nil. Genetic variability observed in the RFI and RFIFat shows that when making selection for these traits may be increased genetic gains, however, unfavorable genetic correlations between RFIFat and SC450 should be analyzed, so a preliminary selection for reproductive traits may prevent deleterious effects on the herd .

Key – words: residual feed intake, performance, genetic parameters, performance test, zebu

Introdução

Para maximizar a lucratividade é fundamental que haja evolução de características de interesse econômico e também, controle de gastos com insumos para nutrição, já que a alimentação é uma das maiores despesas desse sistema. Assim, selecionar animais mais eficientes quanto à utilização de alimentos, é uma ferramenta valiosa para o sucesso econômico da produção (Lancaster et al., 2009).

A correta utilização da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético requer análise da variabilidade genética de cada característica e das correlações genéticas entre características relacionadas a insumos e produtos (Grion et al., 2014). Com a utilização

do Consumo Alimentar Residual (CAR) como critério de seleção, os animais são selecionados por consumirem menos alimentos para o mesmo nível de produção, e assim, levarem ao aumento da rentabilidade do sistema (Moore et al., 2005).

Estudos relatam que animais com fenótipos de consumo alimentar residual favoráveis possuem carcaças mais magras (Nkrumah et al., 2007), o que pode levar a respostas correlacionadas não desejadas na qualidade da carcaça (Arthur et al., 2005). Há evidências que as características de eficiência alimentar sejam antagônicas a características reprodutivas em bovinos de corte (Crowley et al., 2011; Wang et al., 2012). Melhorias genéticas na eficiência alimentar devem ser acompanhadas de avaliações das características de carcaça e desempenho, evitar potenciais efeitos indesejáveis no produto final (Lima et al., 2013).

Uma alternativa é corrigir os modelos que estimam o CAR pelas variáveis de composição corporal, como espessura de gordura subcutânea (EG), ganho em EG ou marmoreio (Basarab et al. 2003, Schenkel et al, 2004; Nkrumah et al, 2007; Lancaster et al., 2009; Kelly et al, 2010; Mao et al., 2013). Estes autores observaram reduções nas correlações fenotípicas e genéticas entre o CAR e características de carcaça. As informações genéticas que associam o CAR corrigido para gordura com características produtivas, e reprodutivas são escassas (Rolle et al., 2011, Awda et al., 2013), e precisam ser melhor compreendidas. Nota-se a necessidade de análise genética que possa avaliar o efeito da seleção para essas características de eficiência alimentar sobre variáveis economicamente importantes, sobre tudo perímetro escrotal, e compara-los, frente aos ganhos genéticos.

Objetivou-se realizar avaliação genética do consumo alimentar residual (CAR), e do consumo alimentar residual ajustado para a gordura (CARFat) e analisar a influência da seleção para essas variáveis sobre características de desempenho, de carcaça mensuradas por ultrassonografia e perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade em um rebanho Nelore sob seleção.

Material e Métodos

Foram analisados dados provenientes de sete provas de Eficiência Alimentar com 946 machos não castrados da raça Nelore, nascidos entre 2010 e 2013. Esses animais são progênie de um rebanho que pratica seleção com objetivo de seleção para qualidade de carcaça, precocidade reprodutiva, ganho de peso e consumo alimentar. A seleção para precocidade

reprodutiva e ganho de peso é realizada há 21 anos (desde 1995), a seleção para qualidade de carcaça por meio de exames de ultrassonografia, é realizada 14 anos (desde 2002), e a seleção para eficiência alimentar é realizada há 5 anos (desde 2011). Participaram de cada prova, em média, 135 animais, sendo que ao início do teste, os animais tinham em média (\pm desvio padrão) 304 ± 35 dias de idade, e 342 ± 67 kg de peso vivo.

As provas de Eficiência Alimentar foram realizadas na Fazenda Rancho da Matinha, Uberaba - MG, Brasil (coordenadas e de latitude e longitude: -19.657859 e -48.150921). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INEP), a temperatura anual média do local é 21,9 °C, o índice de pluviosidade anual média é de 1476,3 mm e a média anual da umidade relativa do ar é 73 %. As provas de Eficiência Alimentar que tiveram seus dados analisados ocorreram de 2011 a 2014, com 15 dias prévios de adaptação à dieta e as instalações, e duração média de 74 dias cada.

Os animais foram confinados juntos, em 2 piquetes idênticos em relação ao tamanho, ao solo, e à incidência solar, no quais o consumo foi mensurado pelo sistema Growsafe®. Cada piquete possui 8 cochos sistema Growsafe®, totalizando 16 cochos, e cerca de 8 animais para cada cocho. Os cochos eram sempre mantidos com alimento, assegurando consumo *ad libitum*, além de acesso irrestrito à água

Avaliou-se as seguintes características: ingestão de matéria seca (IMS), ganho de peso diário (GPD), consumo alimentar residual (CAR), consumo alimentar residual ajustado para gordura (CARFat), conversão alimentar (CA), peso metabólico (PVM^{0,75}), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura (EG), espessura de gordura na picanha (EGP8), marmoreio (MAR) acabamento (ACAB) e perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (PE450). Os dados foram pré-analisados a fim de se verificar a consistência dos dados, e assim foi realizada a inclusão da idade do animal ao início da prova como covariável.

Em todas as provas, as dietas foram formuladas isoenergéticas e isoproteicas, em torno de 70% de nutrientes digestíveis totais, e 13% de proteína bruta, oferecidas duas vezes por dia, com 78% de matéria seca. Os animais foram pesados em balança digital calibrada, acoplada ao tronco de manejo, no início e no final das provas e a cada duas semanas de teste.

A ingestão de matéria seca foi calculada com base na média de todos os valores de consumo válidos obtidos durante o período de teste. O ganho de peso diário de cada animal foi calculado segundo o coeficiente de regressão linear dos pesos nos dias de teste:

$Y = \alpha + \beta \times DOT + \varepsilon$, em que Y = peso do animal na observação, α = intercepto da equação de regressão correspondente ao peso inicial, β = coeficiente de regressão linear correspondente ao GPD, DOT = dias de teste para a observação, e ε = erro aleatório associado com cada observação.

O peso metabólico ($PVM^{0,75}$) foi calculado como a média entre o peso vivo ao início e ao final do teste, elevado a 0,75. A conversão alimentar foi calculada como a relação entre o consumo de matéria seca e o ganho de peso. A ingestão de matéria seca estimada (IMSe), dentro de cada grupo (prova), foi calculada por regressão da IMS em função do peso vivo médio metabólico ($PVM^{0,75}$) e GPD de cada animal durante o período: $IMSe = \beta_0 + \beta_1 GPD + \beta_2 PVM^{0,75} + e_{(CAR)}$, em que β_0 é o intercepto, β_1 e β_2 são os coeficientes de regressão do ganho de peso diário (GPD) e do peso vivo médio metabólico ($PVM^{0,75}$), respectivamente, e $e_{(CAR)}$ é o resíduo da equação. Para o cálculo do CARFat, a regressão incluiu também a característica acabamento de carcaça.

No último dia de cada teste, foram mensuradas características de carcaça por exame de ultrassonografia de carcaça, com pulsos de ultrassom em frequência de 3 a 3,5 Mhz, realizado por profissional credenciado pela *Ultrasound Guidelines Council*. Área de olho de lombo (AOL) foi avaliada como área de secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* entre as 12^a e 13^a costelas, espessura de gordura (EG) foi avaliada como a espessura do depósito de gordura subcutânea entre as 12^a e 13^a costelas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, e a espessura de gordura na picanha (EGP8) foi avaliada como a espessura do depósito de gordura subcutânea entre os ossos íleo e ísqueo, mensurada na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*. O marmoreio (MAR) foi avaliado como a porcentagem de gordura intramuscular avaliada na direção longitudinal sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 12^a e a 13^a costelas. O acabamento (ACAB) foi calculado como a soma de 0,35 do resultado encontrado para espessura de gordura (EG) e 0,65 do resultado encontrado para espessura de gordura na picanha (EGP8).

Os dados de perímetro escrotal foram ajustados para 450 dias de idade por meio da média padrão (Yokoo et al., 2007). Para as variáveis de desempenho, de eficiência alimentar e de características de carcaça, considerou-se o teste do qual o animal participou no grupo de contemporâneo.

A matriz de parentesco utilizada nas análises foi construída a partir de informações de pedigree dos animais avaliados nas provas de Eficiência Alimentar da Fazenda Rancho da Matinha, cedidas pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), constituindo uma base de dados de 3.579 animais. Foi utilizado algoritmo recursivo para manter um conjunto de dados de pedigree formado por indivíduos com dados e seus ancestrais, de forma que a matriz de parentesco foi composta apenas por dados genealógicos de animais considerados informativos.

A avaliação genética foi realizada por meio de Análises Bayesianas, utilizando modelo animal, em análises uni e bicaracterística com utilização do software GIBBS1F90 (Misztal et al., 2014), sendo que as estimativas *a posteriori* foram obtidas com a utilização do aplicativo POSTGIBBS1F90 (Misztal et al., 2014). O modelo geral utilizado é representado em notação matricial como: $Y = X\beta + Za + e$, em que Y é um vetor para as n observações, β é o vetor dos efeitos fixos (prova de eficiência alimentar e idade do animal no início da prova como efeito linear); a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos; e é vetor dos efeitos residuais; e X e Z , são as matrizes de incidência relacionadas a β e a , respectivamente.

Considerou-se nas análises uni e bicaracterísticas que $E(Y) = X\beta$, sendo que nas análises bicaracterísticas assumiu-se que $Var(a) = A \otimes \Sigma_a$, e $Var(e) = In \otimes \Sigma_e$, e nas análises unicaracterística assumiu-se que $E(\alpha) = 0$, $E(e) = 0$, em que: Σ_a é a matriz de covariâncias genéticas aditivas, Σ_e é a matriz de covariâncias residuais, A é a matriz de parentesco, I é matriz identidade, n é o número de animais com registro, \otimes denota o produto direto entre as matrizes, $E(Y)$ é a esperança do estimador, $E(\alpha)$ é a esperança do preditor e $E(e)$ é a esperança do erro. Considerou-se que os vetores a e e são independentes.

Nas análises sob enfoque Bayesiano, os vetores β e a são parâmetros de locação de uma distribuição condicional $Y|\beta, a$. Foi considerado, *a priori*, que β tem distribuição uniforme que reflete um conhecimento prévio vago sobre esse vetor. Assim, a distribuição de Y , dados os parâmetros de locação e escala, foi considerada como: $Y | \beta, a, R \sim N [X\beta + Za + IR]$.

As estimativas de variâncias foram geradas a partir de 850 mil ciclos, em que os primeiros 50 mil foram descartados, e as amostras armazenadas a cada 100 ciclos. A convergência foi verificada com a inspeção gráfica dos valores amostrados *versus* interações, pelo critério proposto por Geweke (1992). Este critério foi estimado por meio do pacote

estatístico *Bayesian Output Analysis* (BOA) do programa R (R Core Team, 2015). Para todas as características, as médias das distribuições *a posteriori*, estimadas em cada uma das análises, foram usadas para a estimação da herdabilidade (h^2) média *a posteriori* e correlações médias *a posteriori*.

Amostras das distribuições *a posteriori* das respostas diretas e indiretas à seleção foram obtidas com as amostras dos componentes de variância, e seleção de 5% dos machos com dados fenotípicos (intensidade de seleção = 1,03). As respostas diretas à seleção por geração foram calculadas usando a seguinte equação: $\Delta G_h = i_h h_h^2 \sigma_{p_h}$ em que: ΔG_h representa o ganho genético esperado por geração, i_h representa a intensidade de seleção, h_h^2 representa a herdabilidade da característica que está sendo selecionada, e σ_{p_h} representa o desvio padrão fenotípico correspondente à característica selecionada.

As respostas correlacionadas por geração foram calculadas da seguinte maneira: $\Delta G_{YX} = r_{a_y a_x} h_Y h_X i_X \sigma_{p_y}$ em que: ΔG_{YX} representa a resposta correlacionada esperada por geração em uma dada característica Y selecionando para a característica X em um mesmo ambiente, $r_{a_y a_x}$ representa a correlação genética, h_Y representa a raiz quadrada da herdabilidade para a característica Y , h_X representa a raiz quadrada da herdabilidade da característica X , i_X representa a intensidade seleção praticada na característica X , e σ_{p_y} representa o desvio padrão fenotípico correspondente à característica Y .

Resultados e Discussão

As médias fenotípicas (Tabela 1) das características de eficiência alimentar corroboram com os relatados encontrados por Grion et al. (2014), que também estudaram bovinos da raça Nelore, entretanto, foram mais baixas do que as descritas em estudos com raças taurinas, em que as dietas são mais energética (Berry e Crowley, 2012). Ao analisar as médias fenotípicas das características de carcaça, vale ressaltar que os valores foram relativamente altos, superiores aos relatados por Santana et al. (2014). Isto se deve ao fato de que a qualidade de carcaça está presente no objetivo de seleção da fazenda, assim como a reprodução, o ganho de peso e o consumo alimentar.

As cadeias produzidas pelo Amostrador de Gibbs alcançaram convergência segundo os testes realizados. Os valores obtidos após o teste de Geweke (1992) foram satisfatórios para considerar a ocorrência de convergência, e pelo método visual observaram-se os gráficos gerados e os mesmos foram considerados adequados pela tendência, e por meio da amplitude e das áreas de densidade de distribuição das cadeias.

As variâncias genética e fenotípica da característica CARFat apresentaram valores menores que as variâncias do CAR, provavelmente devido ao fato da fazenda realizar a seleção considerando os valores do consumo alimentar residual ajustado para gordura. As características de carcaça apresentaram altos valores de variância genética aditiva, com amplos intervalos de alta densidade (HPD) (Tabela 1). O intervalo de alta densidade é uma medida confiável que fornece o intervalo numérico que inclui 95% das amostras das distribuições *a posteriori* das estimativas (Santana et al., 2014). Em geral, os valores de variância residual para as características de carcaça encontrados nesta pesquisa são menores que os relatados na literatura, atestando a qualidade da coleta e da análise de dados, o que contribui para minimizar possíveis vieses nas estimativas (Marques et al., 2013). O estudo genético de medidas de eficiência alimentar e suas relações com demais características de interesse econômico em bovinos de corte de diferentes raças fornecem referências para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético que busquem animais mais rentáveis (Mao et al., 2013).

Tanto o CAR, quanto o CARFat apresentaram altas estimativas de h^2 , atestando que essas são características passíveis de seleção. Estudos realizados por Santana et al. (2014), também com animais da raça Nelore, apresentaram estimativa de h^2 para o CAR (0,37) próxima ao resultado desta pesquisa. A estimativa de h^2 para o GPD, apresentou valores próximos aos encontrados por Fragomeni et al. (2013) (0,31), e Raidan et al. (2015) (0,26), autores que também trabalharam com animais da raça Nelore, submetidos a testes de desempenho. Nesse tipo de teste, os animais são mantidos em condições ambientais controladas, o que torna as diferenças genéticas entre eles mais explícitas e pode aumentar a acurácia e a resposta à seleção.

O PE450 apresentou alta estimativa média de h^2 . Apesar de haverem grandes variações na literatura, os valores relatados das estimativas de h^2 para perímetro escrotal em animais da raça Nelore, são de média a alta magnitude (Siqueira et al., 2013). A estimativa

encontrada na presente pesquisa corrobora com os resultados registrados por Bergmann et al. (1997) de 0,87 e Quirino et al. (1999) de 0,81 (não ajustado para peso corporal) e de 0,71 (ajustado para peso corporal). Este resultado reafirma que grande parte da variação entre os animais, para essa característica, é decorrente do efeito genético, portanto, o perímetro escrotal deve responder bem à seleção individual.

As estimativas de h^2 para características de carcaça foram mais altas que estimativas reportadas por Caetano et al. (2013) e Santana et al. (2014), que também trabalharam com bovinos da raça Nelore. Para as características AOL, EG, e EGP8, Caetano et al. (2013) estimaram h^2 de 0,34, 0,23 e 0,31, e Santana et al. (2014) estimaram valores de 0,35, 0,21 e 0,38, respectivamente. A medida AOL indica a musculosidade do animal, sendo determinante na qualidade da carcaça e dos cortes cárneos, em termos de rendimento, a EG influencia a qualidade da carne por proteger a carcaça no resfriamento (Yokoo et al., 2009). A EGP8 é também uma característica indicadora do grau de acabamento da carcaça, e sua deposição ocorre mais cedo que a deposição de gordura nas costelas (Yokoo et al., 2008).

As correlações fenotípicas entre as medidas de consumo alimentar residual (CAR e CARFat) e GPD apresentaram valores próximos a zero (Figuras 1 e 2), assim como encontrado no estudo de Mao et al. (2013), reafirmando que tais medidas são fenotipicamente independentes do ganho de peso do animal. As correlações genéticas entre CAR e GPD, e entre CARFat e GPD foram positivas (Figuras 1 e 2), o que corrobora com alguns trabalhos encontrados na literatura (Nkrumah et al., 2007; Crowley et al., 2010), entretanto, Arthur et al. (2001), relataram as referidas correlações com valores negativos, ou nulos. As divergências encontradas na literatura se devem ao fato de que, assim como neste estudo, na grande maioria das pesquisas o CAR é calculado por regressões fenotípicas das características de produção, e não é geneticamente independente das características componentes.

Tanto o CAR, quanto o CARFat apresentaram correlações fenotípica e genética fortemente positivas com a IMS, assim como encontrado por Mao et al. (2013), ao estudarem CAR. Tais correlações são altamente favoráveis, indicando que animais mais eficientes (CAR e CARFat negativo) são os que consomem menos para um mesmo ganho em peso, dado que são medidas independentes do ganho de peso. Essas características, por apresentarem estimativas de h^2 moderadas a altas (Tabela 1) podem ser utilizadas como critério de seleção para eficiência alimentar, dependendo do objetivo de seleção.

Os resultados apresentados nas figuras 1 e 2 demonstram que as correlações fenotípicas entre CAR e características de carcaça, e entre CARFat e características de carcaça foram nulas, já que os valores do intervalo de alta densidade, englobam o valor zero. Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2007), encontraram correlação fenotípica positiva entre CAR e deposição de gordura na carcaça variando de 0,14 a 0,30, e correlação negativa entre CAR e deposição de músculo variando de -0,21 a -0,14, atestando que animais menos eficientes (CAR positivo) possuem maior deposição de gordura. A utilização do CAR sem ajuste para a gordura como critério de seleção deve ser analisada com cautela, pois a reserva de gordura corporal é de grande importância para o sistema de produção de carne, já que a gordura atua na conservação das qualidades organolépticas da carne no processo de resfriamento (Yokoo et al., 2009) e também para o sistema de produção de bezerros, no qual as matrizes necessitam dessa reserva para concomitante manutenção da condição corporal e prenhez, além de futura boa lactação (Santana et al., 2014).

Com exceção a AOL, as correlações genéticas encontradas entre CAR e CARFat com as características de carcaça foram nulas, com Intervalos de Alta Densidade, englobando o valor zero. Ao analisar a característica AOL, é possível perceber que as correlações genéticas com ambas características de eficiência alimentar estudadas, foram negativas. A inclusão do ajuste para EG no modelo do CAR realizada por Mao et al. (2013) resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG de 0,19 para 0,01 em animais da raça Charolês, e de 0,07 para 0,02 em animais Angus. Basarab et al. (2003) estudando gado de corte mestiços, relataram que o ajuste para EG e para MAR no cálculo do CAR resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG, e entre CAR e MAR (0,12 para -0,06, e 0,15 para 0,10, respectivamente).

De acordo com o estudo de Mao et al. (2013) a inclusão do ajuste para EG no modelo do consumo alimentar residual mostrou uma redução na magnitude da correlação genética com espessura de gordura na carcaça (0,42 para 0,23) e com o marmoreio (0,14 para 0,02) nos novilhos Charolês, e uma ligeira redução da correlação genética com marmoreio em novilhos Angus (0,18 para 0,15). A inclusão de ajustes no cálculo do CAR torna a característica fenotipicamente independente da medida para a qual foi ajustada, e então a seleção animal é capaz de encontrar animais eficientes na utilização de alimentos, mantendo bons índices de qualidade de carcaça.

Tanto o CAR, quanto o CARFat apresentaram correlações fenotípicas positivas com a CA, e correlações genéticas nulas. Diferentemente do CAR e do CARFat, a conversão alimentar é fenotipicamente relacionada com características de crescimento (Mao et al., 2013), e a seleção para a diminuição da CA pode acarretar em redução da alimentação necessária para o crescimento e aumento do peso metabólico do animal adulto, o que levaria a aumento do custo de manutenção e de reprodução (Archer e Bergh, 2000). Smith et al. (2010) observaram correlação fenotípica forte e positiva entre CAR ajustado para EG, e CAR (0,99), assim como observado por Rolfe et al. (2011) (0,96), sugerindo alta similaridade entre tais medidas de eficiência alimentar.

As correlações genética e fenotípica encontradas entre CAR e PE450 foram nulas, enquanto que as correlações genética e fenotípica entre CARFat e PE450 apresentaram valores altamente positivos. A literatura ressalta a importância da seleção para perímetro escrotal, por essa ser uma medida altamente associada com a capacidade de produção de esperma, e idade precoce à puberdade em novilhas (Gargantini et al., 2005 e Kealey et al., 2006). Desta maneira, sabendo que o propósito da seleção é aumentar, ou no mínimo manter os valores de perímetro escrotal, deve-se atentar para correlações fortemente positivas com CARFat. O PE450 deve ser considerado como critério de seleção no índice para que não haja prejuízos nas características reprodutivas ao selecionar para CARFat. No rebanho analisado, a seleção para perímetro escrotal é feita previamente ao início da prova de eficiência alimentar, sendo que animais com valores de perímetro escrotal menores que 20 cm são descartados. Tal seleção é realizada com base na classificação de touros *Bos taurus indicus* frente ao perímetro escrotal, sugerida por Fonseca et al. (1997).

Os resultados desta pesquisa corroboram com estudos de Arthur et al. (2001) e Schenkel et al. (2004), que relataram ausência de correlações entre CAR e PE, entretanto, Awda et al. (2013) indicam que os touros jovens com melhor eficiência alimentar (baixo CAR), apresentaram menores índices de perímetro escrotal. Estudos de Wang et al. (2012), relatam que a proporção de touros que não cumpriram a meta de 60% de mobilidade espermática foi maior para grupo de animais eficientes quanto ao CAR (CAR negativo) que no grupo de animais CAR positivo.

Assim como o realizado neste trabalho, quantificar e caracterizar as correlações genéticas frente à realidade de cada rebanho permite análise fidedigna da necessidade de

elencar quais os critérios de seleção que devem ser trabalhados, frente ao objetivo de seleção que se almeja alcançar. Quando duas ou mais características de interesse econômico devem atender simultânea evolução genética é indicado a utilização de índice de seleção, como método de seleção (Razook et al., 1993).

Todas as características estudadas apresentaram resultados positivos para as estimativas de ganho genético direto (Figura 3). O ganho genético direto esperado para GPD foi maior que o encontrado por Araujo Neto et al. (2011), ao avaliarem bovinos Nelore de fazendas participantes do Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasileiro (0,043 kg/geração). As diferenças no ganho genético esperado ocorrem devido ao fato do mesmo ser dependente da intensidade de seleção, da herdabilidade, e do desvio padrão fenotípico da característica selecionada. As estimativas de ganhos genéticos culminarão em determinação dos critérios e métodos de seleção mais adequados para alcançar determinado objetivo de seleção (Bourdon, 2000).

Quando avaliada a resposta correlacionada para as características GPD, IMS ao selecionar o rebanho Nelore em questão para CAR e para CARFat negativos, percebe-se ganhos indiretos semelhantes (Figuras 4 e 5). Nota-se que a seleção para eficiência alimentar por meio das características CAR e CARFat culminariam em resposta correlacionada de diminuição da ingestão de matéria seca (-0,31 kg/dia, e -0,32 kg/dia, respectivamente), sem interferência no GPD, fator economicamente favorável. Em um dos trabalhos pioneiros de seleção para CAR, Arthur et al. (2001) relataram mudança genética por geração de -0,24 kg/dia na IMS, devido a seleção para maior eficiência em relação aos animais do rebanho não selecionados, sem resposta correlacionada no peso ao ano e no GPD.

Os resultados das respostas correlacionadas para EG, EGP8, MAR, e ACAB, ao selecionar para CAR e para CARFat negativo, foram praticamente nulos, com valores de intervalo de alta densidade englobando o zero. Já o ganho indireto para AOL foi positivo em ambas as situações. Alguns autores relaram correlações negativas entre CAR e deposição de músculo (Basarab et al., 2003 e Nkrumah et al., 2004), e segundo Yokoo et al. (2009) a medida da AOL indica a musculosidade do animal, portanto o resultado encontrado nesta pesquisa, corrobora com a literatura.

A resposta correlacionada encontrada para a PE450 apresentou resultados altamente negativos ao simular a seleção para CARFat negativo, enquanto que ao estudar a seleção para

CAR negativo, tal resposta foi praticamente nula. Como a seleção é realizada no sentido de diminuir os valores de consumo alimentar residual ajustado para gordura, este resultado demonstra que tal seleção pode levar a diminuição do perímetro escrotal nas futuras gerações. Isto posto, deve-se analisar com atenção os objetivos de seleção do rebanho, prezando pela fixação destas características no índice de seleção.

As análises genéticas e fenotípicas do consumo alimentar residual e suas interpretações devem ser realizadas levando-se em conta a raça estudada e as exigências do mercado que o rebanho pretende atender, para que haja a escolha correta do melhor método de seleção. A seleção animal deve sempre ser realizada cuidadosamente, frente a estudos que direcionem ações técnicas.

Conclusão

A variabilidade genética observada no consumo alimentar residual, e no consumo alimentar residual ajustado para gordura demonstra que a seleção para essas características poderá promover ganhos genéticos nas futuras gerações quanto a eficiência alimentar, porém correlações genéticas desfavoráveis entre CARFat e perímetro escrotal devem ser cuidadosamente analisadas. A seleção para eficiência alimentar, permite o reconhecimento de animais eficientes na utilização de alimentos, sem mudanças significativas nas características da carcaça, entretanto, são necessários novos estudos em diferentes rebanhos para que haja uma melhor compreensão da relação entre CARFat e perímetro escrotal.

Agradecimentos: Dr. Luciano Ribeiro (Fazenda Rancho da Matinha), por fornecer os dados. CAPES, pelo suporte financeiro.

Referências

- Araujo Neto, F. R.; Lôbo, R. B.; Mota, M. D. S. and Oliveira, H. N. D. 2011. Genetic parameter estimates and response to selection for weight and testicular traits in Nelore cattle. *Genetics and Molecular Research* 10, 3127-3140.
- Archer, J. A. and Bergh, L. 2000. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. *Livestock Production Science* 65, 47-55.
- Arthur, P. F.; Archer, J. A.; Johnston, D. J.; Herd, R. M.; Richardson, E. C. and Parnell, P. F. 2001. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 79, 2805-2811.
- Arthur, P. F.; Herd, R. M.; Wilkins, J. F. and Archer, J. A. 2005. Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. *Animal Production Science* 45, 985-993.
- Awda, B. J.; Miller, S. P.; Montanholi, Y. R.; Voort, G. V.; Caldwell, T.; Buhr, M. M. and Swanson, K. C. 2013. The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 93, 185-192.
- Basarab, J. A.; Price, M. A.; Aalhus, J. L.; Okine, E. K.; Snelling, W. M. and Lyle, K. L. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 83, 189-204.
- Bergmann, J. A. G.; Quirino, C. R.; Vale Filho, V. R.; Andrade, V. J. and Fonseca, C. G. 1997. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e características espermáticas em touros Nelore. *Archivos Latinoamericanos de Produção Animal* 5, 473-475.
- Berry, D. P. and Crowley, J. J. 2012. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. *Journal of animal science* 90, 109-115.
- Bourdon, R. M. 2000. Understanding animal breeding (2^a ed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Caetano, S. L.; Savegnago, R. P.; Boligon, A. A.; Ramos, S. B.; Chud, T. C. S.; Lôbo, R. B. and Munari, D. P. 2013. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Livestock Science* 155, 1-7.
- Crowley, J. J.; McGee, M.; Kenny, D. A.; Crews, D. H.; Evans, R. D. and Berry, D. P. 2010. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. *Journal of Animal Science* 88, 885-894.
- Crowley, J. J., Evans, R. D.; Mc Hugh, N.; Kenny, D. A.; McGee, M.; Crews, D. H. and Berry, D. P. 2011. Genetic relationships between feed efficiency in growing males and beef cow performance. *Journal of Animal Science* 89, 3372-3381.
- Del Claro, A. C.; Mercadante, M. E. Z and Silva, J. A. I. V. 2012. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e a suas características componentes em bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 302-310.
- Fonseca, V. O.; Santos, N. R. and Malinski, P. R. 1997. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e características morfo-físicas do sêmen. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 21, 36-39.

- Fragomeni, B. O.; Scalez, D. C. B.; Toral, F. L. B.; Bergmann, J. A. G.; Pereira, I. G.; and Costa, P. S. T. 2013. Genetic parameters and alternatives for evaluation and ranking of Nellore young bulls in pasture performance tests. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42, 559-564.
- Gargantini, G.; Cundiff, L. V.; Lunstra, D. D., and Van Vleck, L. D. 2005. Genetic relationships between male and female reproductive traits in beef cattle. *The Professional Animal Scientist* 21, 195-199.
- Geweke, J. 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. Minneapolis, MN, USA: Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department.
- Grion, A. L.; Mercadante, M. E. Z.; Cyrillo, J. N. S. G.; Bonilha, S. F. M.; Magnani, E. and Branco, R. H. 2014. Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nellore cattle. *Journal of Animal Science* 92, 955-965.
- Kealey, C. G.; MacNeil, M. D.; Tess, M. W.; Geary, T. W. and Bellows, R. A. 2006. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 84, 283-290.
- Lancaster, P. A.; Carstens, G. E.; Crews, D. H.; Welsh, T. H.; Forbes, T. D. A.; Forrest, D. W. and Rouquette, F. M. 2009. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. *Journal of Animal Science* 87, 3887-3896.
- Lima, N. L. L.; Pereira, I. G. and Ribeiro, J. S. 2013. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. *Acta Veterinaria Brasilica* 7, 255-260.
- Mao, F.; Chen, L.; Vinsky, M.; Okine, E.; Wang, Z.; Basarab, J. and Li, C. 2013. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. *Journal of Animal Science* 91, 2067-2076.
- Marques, E. G.; Magnabosco, C. U.; Lopes, F. B. and Silva, M. C. 2013. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. *Bioscience Journal*, 29, 159-167.
- Misztal, I.; Legarra, A. and Aguilar, I. 2014. Using recursion to compute the inverse of the genomic relationship matrix. *Journal of Dairy Science* 97, 3943-3952.
- Moore, K. L.; Johnston, D. J.; Graser, H. U. and Herd, R. 2005. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor-I (IGF-I) and net feed intake, fat, and growth traits in Angus beef cattle. *Crop and Pasture Science* 56, 211-218.
- Nkrumah, J. D.; Basarab, J. A.; Price, M. A.; Okine, E. K.; Ammoura, A.; Guercio, S. and Moore, S. S. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *Journal of Animal Science* 82, 2451-2459.
- Nkrumah, J. D.; Basarab, J. A.; Wang, Z.; Li, C.; Price, M. A.; Okine, E. K. and Moore, S. S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. *Journal of Animal Science* 85, 2711-2720.

- Quirino, C. R.; Bergmann, J. A. G.; Vale Filho, V. R.; Andrade, V. J. and Pereira, J. C. C. 1999. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nellore bulls. *Theriogenology* 52, 25-34.
- R. Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015.
- Raidan, F. S. S.; Passafaro, T. L.; Fragomeni, B. O.; Josahkian, L. A.; Pereira, I. G. and Toral, F. L. B. 2015. Genotype \times environment interaction in individual performance and progeny tests in beef cattle. *Journal of Animal Science* 93, 920-933.
- Razook, A. G.; de Figueiredo, L. O. A.; Neto, L. M. B.; Freitas Trovo, J. B.; Packer, I. U.; Pacola, L. J. and Candido, J. G. 1993. Intensidades de seleção e resposta direta e correlacionadas em 10 anos de progêneres de bovinos das raças nelore e guzerá selecionadas para peso pós-desmame. *Boletim de Indústria Animal* 50, 147-163.
- Rolfe, K. M.; Snelling, W. M.; Nielsen, M. K.; Freetly, H. C.; Ferrell, C. L. and Jenkins, T. G. 2011. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. *Journal of Animal Science* 89, 3452-3459.
- Santana, M. H. A.; Oliveira, G. A.; Gomes, R. C.; Silva, S. L.; Leme, P. R.; Stella, T. R. and Ferraz, J. B. S. 2014. Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. *Livestock Science* 167, 80-85.
- Schenkel, F. S.; Miller, S. P. and Wilton, J. W. 2004. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 84, 177-185.
- Siqueira, J. B.; Guimaraes, J. D. and Pinho, R. O. 2013. Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 37, 3-13.
- Smith, S. N.; Davis, M. E. and Loerch, S. C. 2010. Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. *Livestock Science* 132, 41-47.
- Wang, Z.; Colazo, M. G.; Basarab, J. A.; Goonewardene, L. A.; Ambrose, D. J.; Marques, E. and Moore, S. S. 2012. Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating. *Journal of Animal Science* 90, 2963-2969.
- Yokoo, M. J. I.; Albuquerque, L. D.; Lôbo, R. B.; Sainz, R. D.; Carneiro Júnior, J. M.; Bezerra, L. A. F. and Araujo, F. D. C. 2007. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 1761-1768.
- Yokoo, M. J.; Albuquerque, L. G. D.; Lôbo, R. B.; Bezerra, L. A. F.; Araujo, F. R. C.; Silva, J. A. V. and Sainz, R. D. 2008. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. *Livestock Science* 117, 147-154.
- Yokoo, M. J. I.; Werneck, J. N.; Pereira, M. C.; Albuquerque, L. G. D.; Koury Filho, W.; Sainz, R. D. and Araujo, F. R. D. C. 2009. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44, 197-202.

Tabela 1- Médias (\bar{X}) e desvios padrão (DP) das características avaliadas no rebanho Nelore estudado e respectivas variâncias genética aditiva (σ_a^2), residual (σ_R^2) e fenotípica (σ_p^2) e herdabilidade (h^2), estimados por análises unicaracterísticas, com respectivos HPD.

Característica	$\bar{X} \pm DP$	σ_a^2		σ_R^2		σ_p^2		h^2	
		\bar{X}	HPD	\bar{X}	HPD	\bar{X}	HPD	\bar{X}	HPD
CARFat	$0,0024 \pm 0,55$	0,12	0,04 a 0,20	0,21	0,14 a 0,26	0,33	0,29 a 0,37	0,36	0,15 a 0,57
CAR	$0,0000 \pm 1,44$	0,75	0,24 a 1,26	1,48	1,09 a 1,85	2,23	1,97 a 2,50	0,33	0,13 a 0,53
CA	$7,7708 \pm 1,93$	0,21	0,00 a 0,54	3,37	2,97 a 3,75	3,59	3,24 a 3,91	0,06	0,00 a 0,14
PVM ^{0,75}	$80,1405 \pm 8,79$	12,48	5,73 a 20,41	20,02	14,37 a 24,91	32,50	28,69 a 36,26	0,38	0,19 a 0,57
GPD	$0,9913 \pm 0,25$	0,01	0,00 a 0,02	0,03	0,02 a 0,04	0,04	0,04 a 0,05	0,28	0,12 a 0,45
IMS	$7,3545 \pm 1,38$	0,37	0,18 a 0,58	0,37	0,23 a 0,50	0,74	0,65 a 0,84	0,49	0,29 a 0,72
AOL	$65,1122 \pm 9,58$	25,84	13,10 a 38,73	29,48	20,28 a 38,06	55,33	48,70 a 61,85	0,46	0,27 a 0,65
EG	$3,9908 \pm 1,29$	0,58	0,26 a 0,93	0,97	0,72 a 1,21	1,55	1,39 a 1,75	0,37	0,19 a 0,56
EGP8	$5,0193 \pm 1,38$	1,02	0,60 a 1,50	0,76	0,46 a 1,05	1,79	1,56 a 2,02	0,57	0,37 a 0,76
ACAB	$4,6588 \pm 1,23$	0,70	0,40 a 1,04	0,66	0,44 a 0,87	1,36	1,20 a 1,53	0,51	0,32 a 0,69
MAR	$1,9824 \pm 0,47$	0,10	0,04 a 0,15	0,10	0,07 a 0,14	0,20	0,18 a 0,23	0,47	0,26 a 0,68
PE450	$29,0134 \pm 2,35$	6,35	4,44 a 8,32	1,51	0,41 a 2,70	7,87	6,87 a 8,90	0,80	0,63 a 0,95

CARFat – Consumo alimentar residual ajustado para gordura (kg/dia), CAR – Consumo alimentar residual (kg/dia), CA- Conversão alimentar, PVM^{0,75} – Peso metabólico (kg), GPD – Ganho de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm²), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

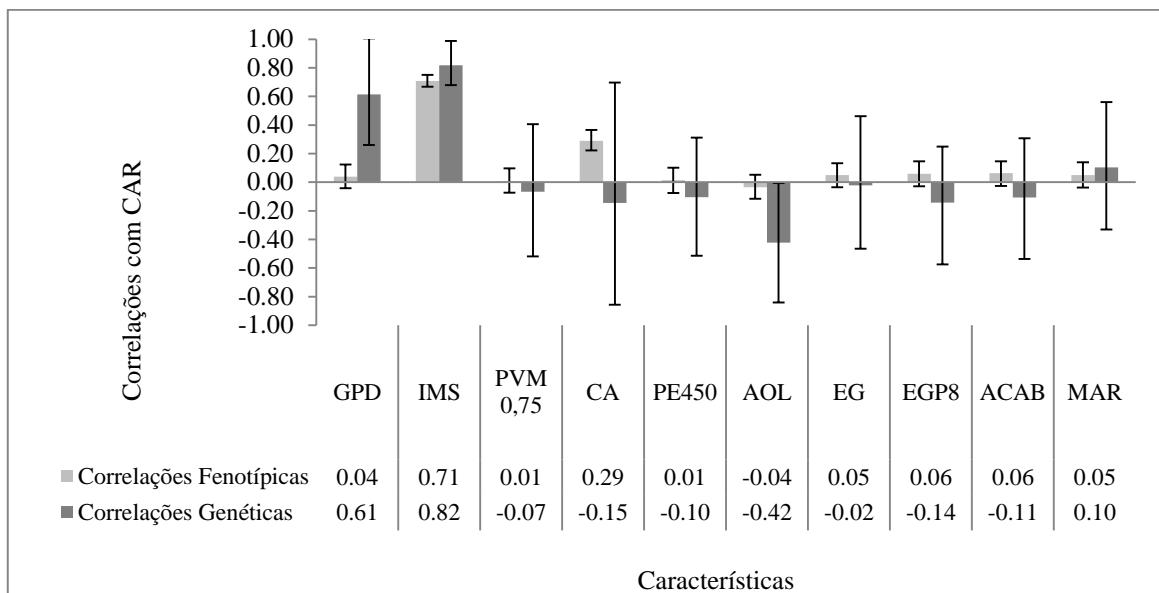


Figura 1 - Correlações genéticas e fenotípicas entre CAR e as demais características estudadas, com os respectivos HPD expressados nas barras de erro.

CAR – Consumo alimentar residual (kg/dia), CA- Conversão alimentar, $PVM^{0,75}$ – Peso metabólico (kg), GPD – Ganhо de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm^2), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

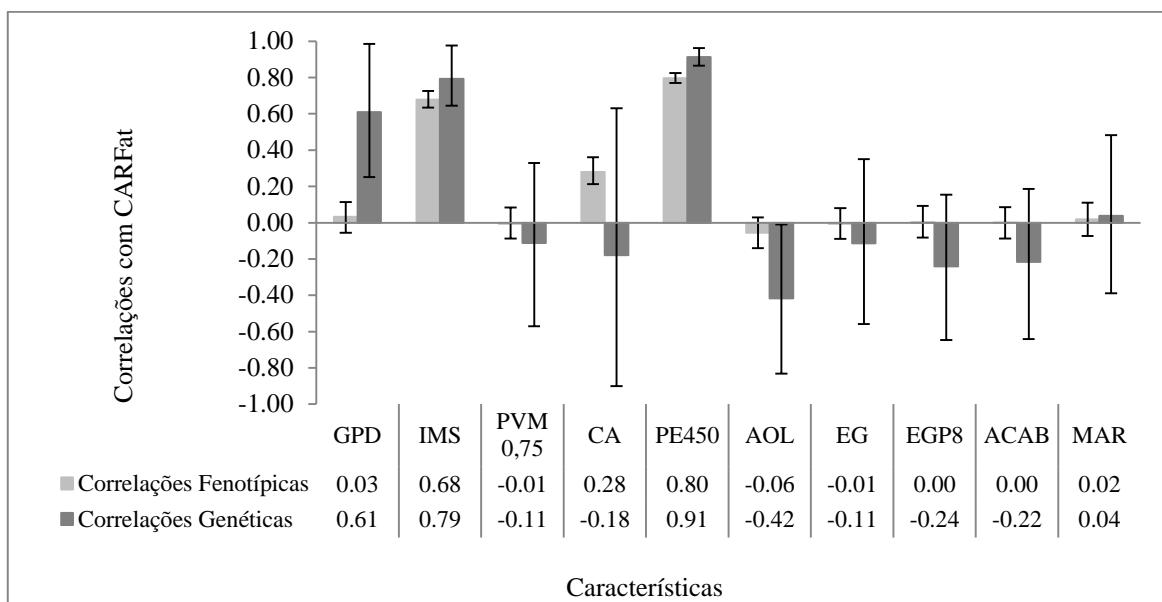


Figura 2 - Correlações genéticas e fenotípicas entre CARFat e as demais características estudadas, com os respectivos HPD expressados nas barras de erro.

CARFat – Consumo alimentar residual ajustado para gordura (kg/dia), CA- Conversão alimentar, $PVM^{0,75}$ – Peso metabólico (kg), GPD – Ganho de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm^2), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

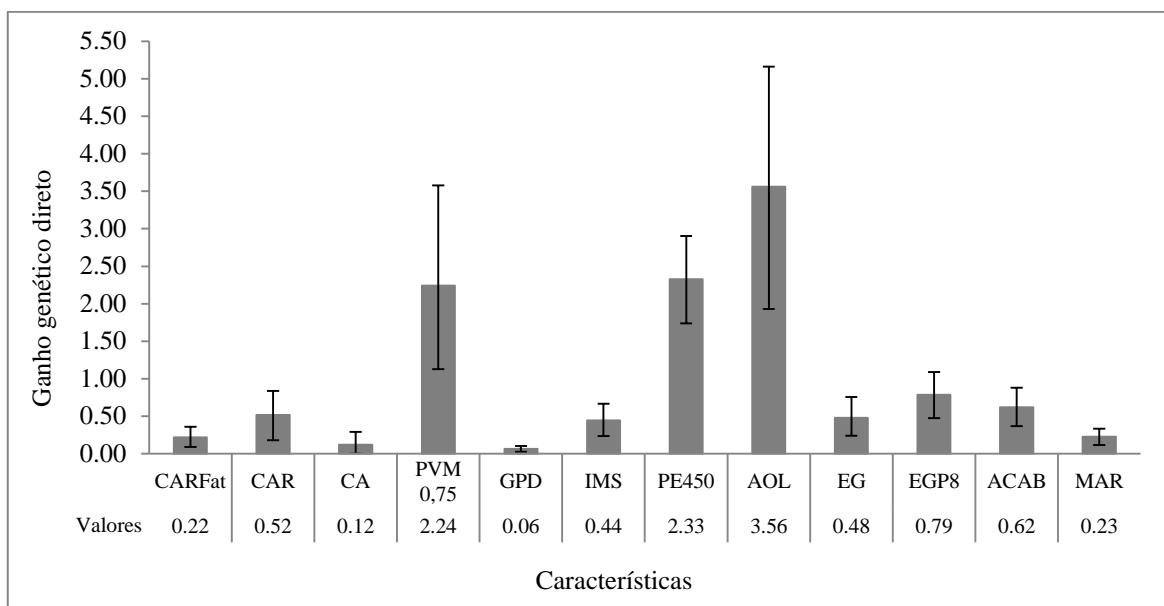


Figura 3 – Ganho genético direto por geração, ao selecionar o rebanho Nelore estudado para as características avaliadas, com respectivos HPD expressos nas barras de erro.

CARFat – Consumo alimentar residual ajustado para gordura (kg/dia), CAR – Consumo alimentar residual (kg/dia), CA- Conversão alimentar, PVM^{0,75} – Peso metabólico (kg), GPD – Ganho de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm²), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

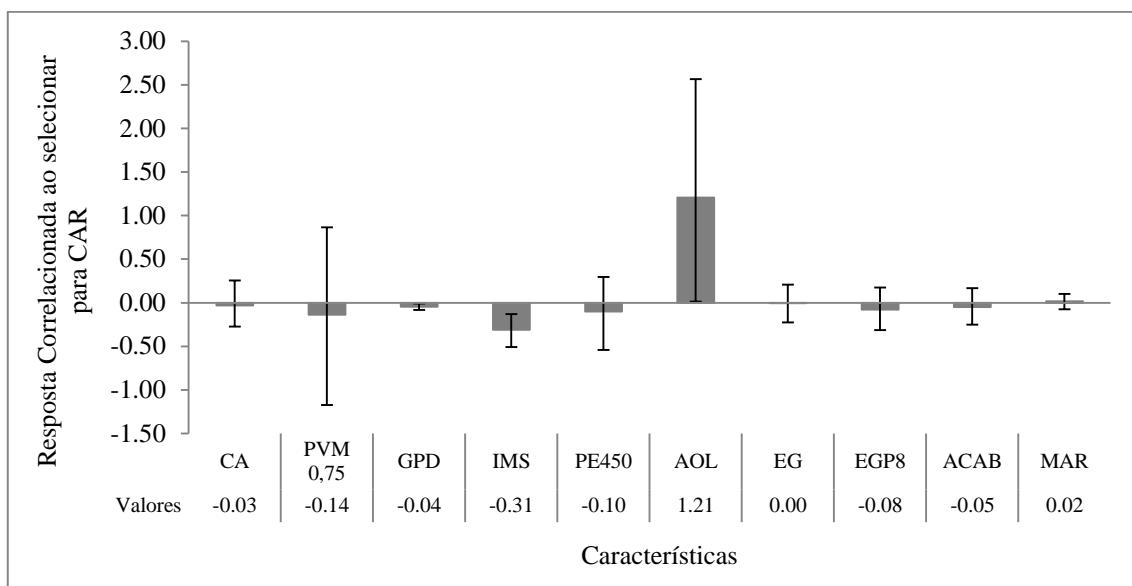


Figura 4 – Respostas Correlacionadas para as características avaliadas, ao selecionar o rebanho Nelore estudado para CAR negativo, estimadas por análises bicaracterísticas e respectivos HPD expressos nas barras de erro.

CAR – Consumo alimentar residual (kg/dia), CA- Conversão alimentar, PVM^{0.75} – Peso metabólico (kg), GPD – Ganho de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm²), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

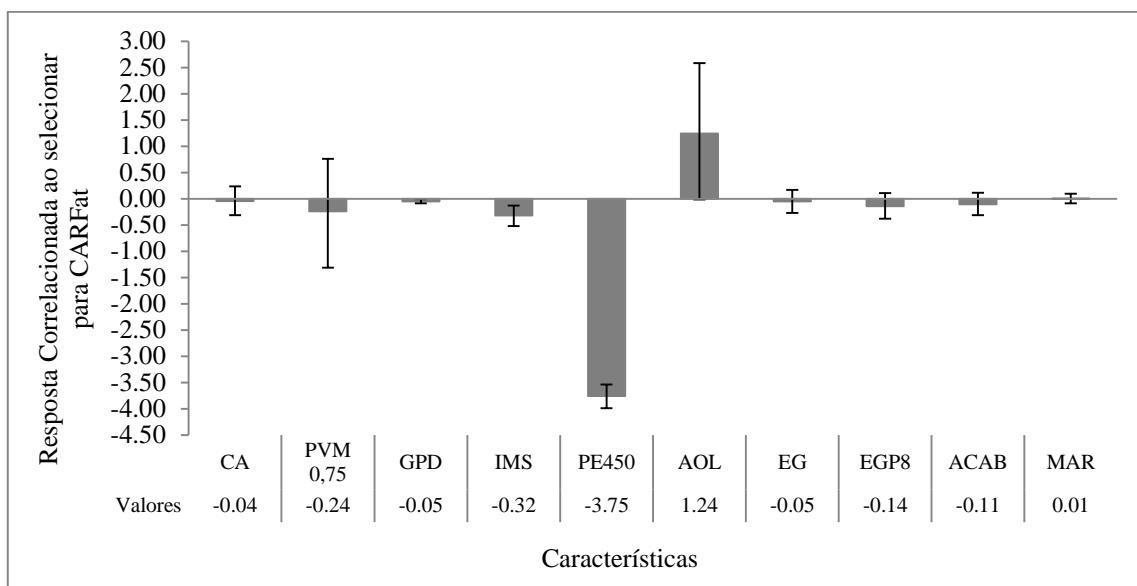


Figura 5 – Respostas Correlacionadas para as características avaliadas, ao selecionar o rebanho Nelore estudado para CARFat negativo, estimadas por análises bicaracterísticas e respectivos HPD expressos nas barras de erro.

CARFat – Consumo alimentar residual ajustado para gordura (kg/dia), CA- Conversão alimentar, $PVM^{0,75}$ – Peso metabólico (kg), GPD – Ganho de peso diário (kg/dia), IMS – Ingestão de matéria seca (kg/dia), AOL – Área de olho de lombo (cm^2), EG – Espessura de gordura (mm), EGP8 – Espessura de gordura na picanha (mm), ACAB – Acabamento, MAR - Marmoreio (%), PE450 – Perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade (cm), HPD – intervalo de alta densidade (95%).

DIRETRIZES PARA AUTORES – REVISTA CIÊNCIA ANIMAL BRASILEIRA

Os trabalhos podem ser redigidos em português ou inglês. Os nomes dos autores, bem como a filiação institucional de cada um dos mesmos, devem ser inseridos nos campos adequados a serem preenchidos durante a submissão e não devem aparecer no arquivo. Ciência Animal Brasileira sugere que o número máximo de autores por artigo seja 6 (seis). Artigos com número superior a 6 (seis) serão considerados exceções e avaliados pelo Conselho Editorial e, se necessário, solicitada a correção como condição para publicação. Sugere-se um número máximo de 20 páginas e as figuras, gráficos e tabelas devem ser colocados no corpo do texto onde forem citados. É importante ressaltar que pesquisas feitas com animais devem citar a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Animais da instituição onde o trabalho foi realizado. A falta dessa aprovação impede a publicação do artigo.

Atualmente a revista não solicita nenhum pagamento financeiro pela submissão ou publicação do artigo, mas se reserva o direito de alterar essa política em circunstâncias futuras, mediante aviso prévio a todos os usuários.

Os textos devem ser organizados da seguinte forma:

Para submissões em português:

Título em português: Fonte Times New Roman 14, caixa alta, centrado, negrito;

Resumo: Fonte Times New Roman 12, espaço 1, justificado, com um máximo de 200 palavras;

Palavras-chave: idem, e no máximo 5 palavras chave;

Título em inglês (obrigatório): Fonte Times New Roman 12, caixa alta, centrado;

Abstract (obrigatório): Fonte Times New Roman 12, espaço 1, justificado;

Keywords: idem

Introdução: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Material e Métodos: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Resultados: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Discussão: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5 (Os tópicos Resultados e Discussão podem ser apresentados juntos dependendo das especificidades da área);

Conclusões: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Agradecimentos: (opcional) Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Referências (e não bibliografia): Usar fonte Times New Roman 11, espaço 1 entre linhas e colocar espaço 6 pontos acima e abaixo do parágrafo. As referências devem ser numeradas na ordem em que aparecem no texto. A lista completa de referências, no final do artigo, devem estar de acordo com o estilo Vancouver (norma completa <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/>; norma resumida http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

Para as submissões em língua inglesa, a tipografia e espaçamentos são os mesmos, na seguinte sequência:

Título em inglês (Title);

Abstract;

Keywords;

Título em português (obrigatório);

Resumo em português (obrigatório);

Palavras-chave;

Introduction;

Material and Methods;

Results and Discussion;

Conclusions;

Acknowledgments (opcional),

References

Artigos do tipo **Nota Científica, Relato de Caso e similares** não estão sendo aceitos para submissão. **Artigos de Revisão de Literatura** somente serão publicados quando solicitados por convite do Conselho Editorial.

As referências a partir de resumos simples ou expandidos e trabalhos completos em anais de eventos são, em muitas ocasiões, de difícil recuperação. Por essa razão, solicitamos que esse tipo de fonte **não** seja utilizada como referência.

Com relação às teses, dissertações e monografias, solicitamos que sejam utilizados apenas documentos dos **últimos três anos** e quando não houver o respectivo artigo científico publicado em periódico. Esse tipo de referência deve, obrigatoriamente, **apresentar o link** que remeta ao cadastro nacional de teses da CAPES e os bancos locais das universidades que publicam esses documentos no formato .pdf.

Solicita-se, também, priorizar referências de periódicos e não de livros-texto.

O editor científico pode solicitar mais informações em relação às referências no momento de editoração do artigo. Seu pronto atendimento agilizará a sua publicação. O processo de resgate fácil das informações é o ponto principal de uma referência bibliográfica, técnica ou eletrônica.

Exemplos de referências

Trabalho em Periódicos:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7282/#A32362>)

Kalavathy R, Abdullah, N, Jalaludin, S, Ho YW. Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. British Poultry Science. 2003;44(1):139-144.

Trabalho em Periódicos Online:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7281/#A55587>)

Gueiros VA, Borges APB, Silva JCP, Duarte, TS, Franco KL. Utilização do adesivo Metil-2-Cianoacrilato e fio de náilon na reparação de feridas cutâneas de cães e gatos [Utilization of the methyl-2-cyanoacrylate adhesive and the nylon suture in surgical skin wounds of dogs and cats]. Ciência Rural [Internet]. 2001 Apr [cited 2008 Oct 10];31(2):285-289. Available from:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000200015. Portuguese.

Livro Inteiro:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7271/#A34171>)

Reis JC. Estatística aplicada à pesquisa em ciência veterinária. 1st ed. Olinda: Luci Artes Gráficas; 2003. 651p. Portuguese.

Capítulo de Livro:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7271/#A34915>)

Pascoe PJ. Cuidados pós-operatórios do paciente. In: Slatter D. Manual de cirurgia de pequenos animais. 2nd ed. São Paulo: Manole; 1998. p. 287-299. Portuguese.

Legislação:

Os modelos aqui foram adaptados porque a normalização proposta no Estilo Vancouver não corresponde à realidade brasileira.

Brasil. Constituição 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado; 1988. Portuguese.

Brasil. Ministério da Educação e Ministério da Saúde. Portaria interministerial no. 1000 de 15 de abril de 2004. Resolvem certificar como Hospital de Ensino das Instituições Hospitalares que servirem de campo para a prática de atividades curriculares na área da saúde, sejam Hospitais Gerais e, ou Especializados. Diário Oficial da União. 2004 Abr 16; Seção 1. Portuguese.

Programas de Computador:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7244/>)

SAS Institute. Statistical Analysis System: user guide [CD-ROM]. Version 8. Cary (NC): SAS Insitute Inc., 2002.

Websites:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7274/#A59404>)

Silva MET, Flemming S, Martinez JL, Thomazini PL. Rendimento de carneça de búfalos (*bubalus bubalis* L.) confinados em terminação, com dietas contendo diferentes relações de volumoso e concentrado. 2 - Características Quantitativas [Internet]. Brasília: Associação Brasileira de Zootecnia; 2010 Oct 8 [cited 2013 Jun 27]. Available from: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/reproducao-melhoramento->

[animal/23861-Rendimento-carcaa-bfalos-bubalus-bubalis-confinados-terminao-com-dietas-contendo-diferentes-relaes-volumoso-concentrado---Caractersticas-Quantitativas.html](#). Portuguese.

Solicita-se que o número DOI, ou o link correspondente, dos artigos assim identificados seja acrescentado ao final da referência.

Ribeiro Carina Teixeira, De Souza Diogo Benchimol, Medeiros Jr. Jorge Luiz, Costa Waldemar Silva, Pereira-Sampaio Marco Aurélio, Sampaio Francisco José Barcellos. Pneumoperitoneum induces morphological alterations in the rat testicle. Acta Cir. Bras. [periódico na Internet]. 2013 Jun [citado 2013 Jun 27]; 28(6): 419-422. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-86502013000600003>.