

# RELAÇÃO ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PERFIL METABÓLICO PARA BOVINOS DE CORTE

Nhayandra Christina Dias e Silva<sup>1</sup>  
 Maria Eugênia Zerlotti Mercadante<sup>2</sup>  
 Rafael Fernandes Leite<sup>1</sup>  
 Thailson Fernando Faustino<sup>1</sup>  
 Aداuton Vilela de Rezende<sup>1</sup>

DIAS E SILVA; N. C.; MERCADANTE, M. E. Z.; LEITE, R. F.; FAUSTINO, T. F.; REZENDE, A. V. de. Relação entre consumo alimentar residual e perfil metabólico para bovinos de corte. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 22, n. 1, p. 37-42, jan./mar. 2019.

**RESUMO:** Para uma pecuária de corte com melhor desempenho e produtos de qualidade, são imprescindíveis maiores estudos da nutrição e alimentação animal, uma vez que estes constituem peças chave para qualquer sistema de produção. Assim, vários indicadores foram propostos ao longo dos anos para se avaliar a eficiência alimentar e uma deles é o consumo alimentar residual, o qual é uma medida de diferença no consumo além ou aquém do necessário para atender as exigências de manutenção e crescimento. Esta revisão tem por objetivo mostrar a relação entre consumo alimentar residual (CAR) e perfil metabólico para bovinos, uma vez que existem diferenças de CAR entre os animais e estes estão diretamente relacionados às exigências de manutença, transporte de íons, resposta ao estresse, metabolismo dos tecidos e incremento calórico. O uso dos perfis metabólicos como indicador para avaliar o grau de adequação fisiológica dos animais às principais vias metabólicas relacionadas com energia, proteína e minerais, tem auxiliado bastante a evidenciar problemas metabólicos que antes poderiam passar despercebidamente. Dessa forma, o uso de indicadores bioquímicos para determinação dos níveis ideais de nutrientes surge como uma alternativa para identificar problemas em potencial antes que eles venham expressar queda na produção. O estudo sobre as alterações metabólicas dos animais de diferentes CAR e o real impacto fisiológico sobre esta medida, poderá levar a descoberta de alternativas economicamente viáveis para a otimização da produção de bovinos de corte, que além de trazer ganhos econômicos, trará também ganhos ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desempenho. Eficiência alimentar. Metabolismo.

## RELATIONSHIP BETWEEN RESIDUAL FEED INTAKE AND METABOLIC PROFILE FOR BEEF CATTLE

**ABSTRACT:** In order to obtain a better performance in beef cattle and thus superior quality products, more studies on nutrition and animal feed are essential, since they are important for any production system. Thus, several alternatives have been proposed over the years in order to evaluate food efficiency, and residual feed intake is one of them. It consists in measuring the intake difference beyond or below what is needed to meet maintenance and growth needs. This review aims at showing the relationship between residual feed intake and metabolic profile for beef cattle, since several metabolic factors can influence efficiency variation and are directly related to maintenance requirements, ion transport, stress response, tissue metabolism and caloric increase. The use of metabolic profiles as an alternative to evaluate the degree of physiological suitability of animals to the main metabolic pathways related to energy, proteins and minerals has helped show great metabolic issues previously going unnoticed. Thus, the use of biochemical indicators to determine optimal levels of nutrients and studies of the physiological adaptive capacity of animals is seen as an alternative to identify potential issues before they can express a decrease in production. The study of metabolic alterations caused by feed efficiency and the actual physiological impact on the latter can lead to the discovery of economically viable alternatives for the optimization of beef cattle production, which may not only bring economic, but also environmental gains.

**KEY WORDS:** Feed efficiency. Metabolism. Performance.

## RELACIÓN ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL Y PERFIL METABÓLICO PARA BOVINOS DE CORTE

**RESUMEN:** Para una ganadería de corte con mejor desempeño y productos de calidad, son imprescindibles mayores estudios de nutrición y alimentación animal, ya que éstos constituyen piezas clave para cualquier sistema de producción. Por ello, varios indicadores fueron propuestos a lo largo de los años para evaluar la eficiencia alimentaria y uno de ellos es el consumo de alimentos residual, que es una medida de diferencia en el consumo más allá de lo necesario para satisfacer las exigencias de mantenimiento y crecimiento. En este contexto, esta revisión tiene por objetivo mostrar la relación entre consumo alimentario residual (CAR) y perfil metabólico para bovinos, ya que existen diferencias de CAR entre los animales y éstos están directamente relacionados a las exigencias de mantenimiento, transporte de iones, respuesta al estrés, metabolismo de los tejidos e incremento calórico. El uso de los perfiles metabólicos como indicador para evaluar el grado

DOI: 10.25110/arqvet.v22i1.2019.6536

<sup>1</sup>Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS/Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Alfenas - MG. nhayandra\_dias@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Instituto de Zootecnia (IZ), Centro Avançado de Pesquisa de Bovinos de Corte, Sertãozinho, SP.

de adequação fisiológica de los animales a las principales vías metabólicas relacionadas con energía, proteína y minerales, ha ayudado bastante a evidenciar problemas metabólicos que antes podrían pasar inadvertidamente. De esa forma, el uso de indicadores bioquímicos para determinar los niveles ideales de nutrientes surge como una alternativa para identificar problemas potenciales antes de que ellos vengán a expresar caída en la producción. El estudio sobre las alteraciones metabólicas de los animales de diferentes CAR y el real impacto fisiológico sobre esta medida, podrá llevar al descubrimiento de alternativas económicamente viables para la optimización de la producción de bovinos de corte, que además de traer ganancias económicas, traerá también ganancias ambientales.

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia alimentaria. Metabolismo. Rendimiento.

## Introdução

Segundo o Ministério da Agricultura, a participação brasileira no comércio internacional vem crescendo a cada ano, principalmente no diz respeito à pecuária de corte no Brasil, que se tornou sólida nos últimos anos, fazendo com que o país fosse o maior exportador mundial. Até 2020, a expectativa é que a produção total nacional de carnes suprirá 44,5% do mercado mundial, o que indica que o Brasil pode manter posição de primeiro exportador mundial de carnes bovina por vários anos, podendo trazer grandes benefícios para a economia brasileira (FNP, 2015).

De acordo com Pereira (2004), 80% do montante de crias do rebanho brasileiro de bovinos é formado por influência da genética zebuína. Entretanto, os índices produtivos e econômicos, quando comparados os de outros países referência como Estados Unidos, ainda é inferior, sendo necessária maior adoção de tecnologias voltadas para o incremento produtivo da pecuária (FAO, 2016).

Um acréscimo na eficiência produtiva de matrizes, por exemplo, pode resultar no melhor desempenho e, conseqüentemente da produção de crias, bem como da utilização de sistemas de produção mais eficientes e economicamente viáveis, que por sua vez, resultarão em ganhos econômicos e ambientais. Desse modo, a eficiência alimentar se torna uma ferramenta importante para o melhoramento genético para melhorar a rentabilidade e sustentabilidade dos recursos naturais na bovinocultura de corte (BASARAB *et al.*, 2003).

Diante disso, vários indicadores foram propostos no decorrer dos anos para se avaliar a eficiência alimentar, sendo as mais destacadas o consumo alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EA) e o consumo alimentar residual (CAR). O CA e a EA consiste na relação do desempenho e do consumo do animal, entretanto, ocasionam viés quando utilizados em índices de seleção lineares, particularmente, quando uma das medidas constituintes da medida é o ganho de peso (GUNSETT, 1984). Outra limitação para a utilização do CA e EA para seleção é que quando são comparados animais com CA similares, esses são muito diferentes no que se refere ao consumo de alimentos e taxas de ganho. Ao contrário, o CAR é baseada no consumo de matéria seca independente da taxa de crescimento e das diferenças de tamanho (ARTHUR *et al.*, 2001), o que parece selecionar animais de menor consumo e menores exigências para manutenção, sem alterações no peso adulto ou no ganho de peso (BASARAB *et al.*, 2003).

Alguns fatores metabólicos podem influenciar na variação da eficiência (ARTHUR; HERD, 2005) e estes estão diretamente relacionados às exigências de manutenção, transporte de íons, resposta ao estresse, metabolismo dos tecidos e incremento calórico (BASARAB *et al.*, 2003; RICHARDSON *et al.*, 2004). Segundo Lobleby *et al.* (1980), o turnover proteico e o metabolismo dos tecidos têm grande influência

na eficiência alimentar, isso porque esses processos estão relacionados com os requerimentos de manutenção dos bovinos.

O uso dos perfis metabólicos como ferramenta para avaliar o grau de adequação fisiológica dos animais às principais vias metabólicas relacionadas com energia, proteína e minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais tem auxiliado bastante a evidenciar problemas metabólicos que antes passavam despercebidamente (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2003). Dessa forma, o uso de indicadores bioquímicos para determinação dos níveis ideais de nutrientes e para estudos da capacidade fisiológica adaptativa dos animais surge como uma alternativa para identificar problemas em potencial antes que eles venham expressar queda na produção e desordens de fertilidade. (GONZÁLEZ, 2000).

Os efeitos do consumo alimentar residual são bastante estudados em bovinos, contudo, ainda existe uma deficiência em pesquisas quando se trata das questões produtivas e, principalmente das variações no perfil metabólico-hormonal sanguíneo nos animais submetidos à esta medida, principalmente do que diz respeito às matrizes, que são fundamentais no cenário da pecuária brasileira. Dessa forma, esta revisão tem por objetivo apresentar a relação do consumo alimentar residual e perfil metabólico para bovinos de corte.

## Desenvolvimento

### Consumo alimentar residual

Na produção animal, a alimentação representa o maior custo num sistema de produção, principalmente num sistema intensivo, correspondendo aproximadamente 70% do total de gastos (Gonçalves *et al.*, 2008). Tal informação é reconhecida a anos pela suinocultura e avicultura, que alcançaram significativos avanços nos índices de eficiência alimentar nas últimas décadas, tanto pelo melhoramento genético quanto pelo aprimoramento das condições ambientais.

Em ruminantes, a quantificação do consumo de matéria seca é mais onerosa quando comparada aos animais monogástricos (LANNA; ALMEIDA, 2004) e talvez por isso e pela dificuldade de mensurar o consumo alimentar em bovinos de corte, particularmente em sistemas extensivos de produção, a seleção para eficiência alimentar foi pouco estudada pela indústria de carne bovina. Outra razão para a escassez de estudos sobre a seleção para a eficiência alimentar em bovinos, pode ser o fato de muitos pesquisadores assumirem que a eficiência estaria intimamente correlacionada à taxa de ganho.

Atualmente, informações do consumo de alimentos vêm sendo incluídas recentemente em projetos de seleção em bovinos com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de genótipos superiores para tal característica (LANNA; ALMEI-

DA, 2004; GOMES, 2009).

A eficiência alimentar por definição, é a relação do consumo de alimento por unidade de ganho de peso vivo e inicialmente, o melhoramento genético de bovinos de corte para utilização dos alimentos foi baseado nessa relação de conversão (ARTHUR *et al.*, 2005). No entanto, a seleção para esta medida apresenta grandes inconvenientes, uma vez que está altamente e positivamente correlacionada com o tamanho corporal e peso à idade adulta. Além disto, leva à seleção de animais mais magros, ou seja, animais de maior peso adulto são favorecidos neste tipo de seleção, levando a animais tardios, com dificuldade de acabamento e vacas muito exigentes nutricionalmente, com menos reserva corporal para passar os períodos de estresse nutricional.

Por isso, tem sido sugerido como alternativa para medir a eficiência alimentar o Consumo Alimentar Residual (CAR), o qual é uma medida de diferença no consumo além ou aquém do necessário para atender as exigências de manutenção e crescimento, sendo calculado como a diferença entre o consumo real e a quantidade de alimento que um animal deveria comer baseado no seu peso vivo médio e na sua velocidade de ganho de peso. Assim sendo, animais mais eficientes têm um CAR negativo (consumo observado menor do que o predito para o ganho observado) e os menos eficientes têm um CAR positivo (consumo observado maior do que o predito).

Várias pesquisas que utilizaram a seleção para melhorar o CAR (ARCHER *et al.*, 1997; ARTHUR *et al.*, 2001; RICHARDSON *et al.*, 2004) resultaram em geral, em animais com menor consumo de matéria seca, menor gordura subcutânea e desempenho semelhante ou superior comparado aos animais de pior CAR e melhor conversão alimentar em confinamento. Sendo assim, podemos inferir que a seleção com base na CAR poderá melhorar o sistema de produção de bovinos de corte no Brasil, reduzindo o seu impacto ambiental por diminuir o consumo de alimento sem alterar o desempenho em velocidade de crescimento. Além disso, o consumo alimentar residual é uma característica que apresenta variabilidade genética entre animais dentro de uma população e herdabilidade moderada-alta, variando de 0,21-0,47 (BINGHAM *et al.*, 2009), o que permite utilizar esta medida em programas de seleção e melhoramento genético.

Segundo Richardson e Herd (2004), os processos fisiológicos que regulam a variação do CAR são em sua maior parte o estresse e o metabolismo dos tecidos, que correspondem cerca de 37%, seguido do transporte de íons (27%), atividades (10%), digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e o comportamento ingestivo (2%). Partindo desse pressuposto, pesquisas que resultem em novas tecnologias nutricionais, metabólicas e imunológicas para manipular o CAR dos bovinos em determinadas fases da criação pode trazer grandes benefícios para a otimização da pecuária de corte.

Estudos na literatura que avaliaram o CAR em vacas durante a gestação (BASARAB *et al.*, 2007; FITZSIMONS *et al.*, 2014) relatam que vacas que produziram bezerros mais eficientes apresentaram maior espessura de gordura e taxas de prenhez, de dificuldade no parto, de mortalidade perinatal, de nascimento e de desmama similares, ao passo que, vacas de corte gestantes com composição corporal e produtividade similares consideradas de baixo CAR, consumiram

menos alimento em relação às vacas alto CAR. Estudos que avaliaram o CAR em vacas durante a lactação (LAWRENCE *et al.*, 2013; WALKER *et al.*, 2015), mostram que CAR, em vacas de corte em aleitamento, é independente do crescimento e tamanho do corpo, sem evidências de relações desfavoráveis deste com outras características economicamente importantes (escore corporal da vaca, espessura de gordura subcutânea e na garupa, musculabilidade, digestibilidade total, produção de leite, e peso ao nascer e GMD dos bezerros). No entanto, nenhum dos trabalhos citados retratam o mecanismo fisiológico e as principais vias metabólicas utilizadas para tais achados, o que poderia dar suporte para justificar o porquê de tais resultados obtidos.

Embora algumas correlações fenotípicas e genéticas entre CAR e outras características (peso ao desmame, GMD, PV<sup>0,75</sup>, peso de abate, composição corporal, qualidade de carcaça e carne) tenham sido relatadas (BASARAB *et al.*, 2003; NKRUMAH *et al.*, 2006, 2007; MAO *et al.*, 2013), existe uma escassez de estudos no que tange às relações entre CAR e metabolismo de bovinos de corte.

### Importância do uso de indicadores metabólicos

A intensificação nos sistemas de produção animal tem gerado um aumento do risco de transtornos metabólicos nos rebanhos, uma vez que o desafio metabólico imposto pela maior produtividade favorece o desequilíbrio entre o aporte de nutrientes no organismo, capacidade de metabolização desses componentes e os níveis de produção alcançados (GONZÁLEZ, 2000).

Devido aos inúmeros casos de desbalanço nutricional em sistemas de produção, os estudos metabólico-nutricionais têm sido empregados para estabelecer por meio de dosagens sanguíneas de determinados metabólitos, enzimas e hormônios, o grau de adequação fisiológica desses animais às principais vias metabólicas relacionadas com energia, proteína e minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2003).

Em relação ao status energético, segundo Dirksen e Breitner (1993), os componentes bioquímicos sanguíneos mais comumente determinados no perfil metabólico representam as principais vias metabólicas do organismo, das quais a glicose, o colesterol, triglicérides e beta-hidroxibutirato estão diretamente associados ao metabolismo de energia de forma representativa.

Enquanto que o status proteico, pode ser avaliado mediante a determinação das concentrações de albumina, ureia e creatinina no sangue dos animais, uma vez que a redução dos níveis desses elementos no plasma está fortemente relacionada à deficiência do aporte de compostos nitrogenados e ao metabolismo proteico (KANEKO *et al.*, 1997).

As alterações diárias na relação energia: proteína na dieta e no consumo do animal, podem influenciar os níveis de ureia no sangue e o seu aproveitamento pelo animal, demonstrando o status proteico do animal em curto prazo, enquanto que a albumina o demonstra em longo prazo e a creatinina em caráter crônico, para detecção de grave desequilíbrio proteico (WITTEWERT *et al.*, 1993), o que resultaria numa menor quantidade de tecido muscular para deposição.

O sistema endócrino, assim como os metabólitos, desempenha papel essencial no metabolismo e manutenção do meio interno, na produção, no desenvolvimento e no

armazenamento e utilização dos substratos, regendo processos fisiológicos e fornecendo respostas em determinados mecanismos metabólicos (KANEKO *et al.*, 1997), o que torna possível traçar perfis que permitam identificar desequilíbrios metabólicos de animais, principalmente em fases de elevada exigência nutricional (MORRISON *et al.*, 2002).

De acordo com Jacob *et al.* (2001), as alterações nos constituintes celulares e bioquímicos do sangue durante a gestação, parto e lactação em vacas, estão intimamente relacionadas ao cortisol, considerado o hormônio do estresse e estão associadas não somente à genética, manejo e alimentação, mas também às alterações dos níveis hormonais que ocorrem durante essas fases.

Animais zebuínos são mais susceptíveis ao estresse quando comparados a animais taurinos. E quando os animais são comparados dentro de um mesmo grupo genético, animais com o CAR negativo apresentam menores concentrações sanguíneas de cortisol (GOMES, 2009).

A insulina regula a partição de nutrientes e juntamente com o glucagon, são considerados imprescindíveis para a determinação da taxa de metabolismo basal ou deposição de nutrientes (BELLMANN *et al.*, 2004), uma vez que esses hormônios estão envolvidos na regulação da concentração de glicose na circulação sanguínea, estando esta diretamente relacionada ao crescimento celular no desenvolvimento dos animais (CUNNINGHAM, 2004).

Não menos importante, os minerais também possuem grande importância nas atividades metabólicas, podendo acarretar em redução nos índices produtivos mesmo em níveis subclínicos (SPEARS, 1999).

Dentre as deficiências minerais mais comuns na nutrição de ruminantes estão, em ordem, as de cálcio, fósforo e magnésio, principalmente durante a gestação e quando se trata de primíparas (por ainda estarem em fase de crescimento), que são os que exercem maior demanda no desenvolvimento do tecido ósseo, sendo, portanto, os indicadores para avaliar o metabolismo mineral, tornando possível a detecção de possíveis desequilíbrios na dieta (MORAES *et al.*, 1999).

### Relação entre CAR e indicadores metabólicos

Richardson *et al.* (2002), ao estudarem a associação genética entre alguns parâmetros sanguíneos e CAR em raças taurinas, identificaram vários metabólitos que foram correlacionados às diferenças esperadas na progênie para CAR. De acordo com esses autores, as diferenças encontradas entre animais com distintos valores de CAR são consistentes, sendo que animais menos eficientes (alto CAR) têm maior demanda por transporte de oxigênio quando comparados aos animais mais eficientes (baixo CAR). Também foi observado que os parâmetros de eritrócitos analisados antes e depois do transporte não apresentaram interação com CAR, indicando respostas semelhantes em animais com alto e baixo CAR a uma situação estresse. Diferente de quando foram avaliados os parâmetros de leucócitos, que foi inferido que animais de baixo CAR podem ser menos susceptíveis ao estresse. Ainda, segundo esses autores, a associação entre essas concentrações de cortisol no sangue dos bovinos também pode interferir no comportamento ingestivo do animal influenciando na sua eficiência alimentar.

Após este estudo, Richardson *et al.* (2004) avalia-

ram os possíveis processos metabólicos que podem contribuir para a variação no CAR. Esses autores obtiveram como resultado que animais com alto CAR, têm maiores concentrações sanguíneas de insulina, cortisol e ureia e menores níveis de triglicérides. Essas respostas foram relacionadas a mudanças na composição corporal, reciclagem tecidual e eficiência de uso de nutrientes devido à seleção divergente para CAR, além de serem associadas também a diferenças entre animais mais e menos eficientes quanto à resposta a situações de estresse.

Channon *et al.* (2004) ao avaliarem a digestão do amido em novilhos com diferentes CAR, observaram diferenças significativas na digestão do amido, sendo que os animais menos eficientes digeriram menos amido que animais mais eficientes, o que reflete diretamente na concentração plasmática de glicose.

Kelly *et al.* (2010) analisaram o plasma sanguíneo de novilhas cruzadas Limousin e Holandês e encontraram correlações significativas entre CAR e as concentrações de ácidos graxos não esterificados (NEFA;  $r = -0,21$ ) e  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB;  $r = 0,37$ ). Os mesmos autores também encontraram correlações significativas entre conversão alimentar e as concentrações sanguíneas de leptina ( $r = 0,48$ ), NEFA ( $r = -0,32$ ), BHB ( $r = 0,25$ ) e relação glicose: insulina ( $r = -0,23$ ), concluindo que os processos fisiológicos do animal podem ser responsáveis pela variação da eficiência alimentar em gado de corte.

Em relação ao metabolismo proteico, Castro Bulle (2007), ao trabalhar com novilhos Angus x Hereford, demonstrou que o CAR pode estar correlacionado negativamente com as exigências de manutenção e esta está positivamente correlacionada à taxa de reciclagem proteica muscular, o que sugere uma maior concentração de compostos nitrogenados na corrente sanguínea para então serem utilizados para deposição muscular. Richardson *et al.* (2001), também encontraram correlações negativas entre CAR e percentagem de proteína corporal, sugerindo que animais mais eficientes possuem um deposição proteica mais eficiente e menor taxa de degradação muscular quando comparados aos menos animais eficientes.

A correlação entre concentrações séricas de creatinina e massa muscular em animais mais eficientes e correlação negativa do CAR com o ganho de proteína corporal e proporção de músculo na carcaça também foram relatadas em outros trabalhos (BASARAB *et al.*, 2003; NKRUMAH *et al.*, 2004; RICHARDSON *et al.*, 2004). De acordo com esses estudos, quanto menor é o valor de CAR, maior é a quantidade e a proporção de músculo na carcaça, o que pode ser explicado pelo menor gasto energético com processos fisiológicos de manutenção, resultando em maior quantidade de energia disponível para o processo de síntese e deposição de fibras musculares em animais eficientes.

No diz respeito à correlação do CAR com o metabolismo mineral, não encontramos trabalhos que retratam como o CAR pode interferir em tal parâmetro. Entretanto, sabe-se que os mecanismos fisiológicos relacionados ao CAR identificados até então são basicamente baseados em poucos estudos, o que torna um desafio correlacionar as informações fisiológicas/biológicas com as informações genéticas, para então serem disponibilizadas futuramente.

## Considerações Finais

O consumo alimentar residual é utilizado para avaliar a eficiência do animal e está diretamente relacionado com o metabolismo dos tecidos animal, uma vez que a eficiência depende das exigências de manutenção, transporte de íons, resposta ao estresse entre outros. Animais com menor CAR (mais eficientes), apresentam menor exigência de manutenção e demandam muito menos aporte de oxigênio, menores níveis de cortisol na corrente sanguínea e maior produtividade em valores relativos. Dessa forma, pesquisas que resultem em novas tecnologias nutricionais, metabólicas e imunológicas para manipular o CAR nas diferentes fases fisiológicas dos animais, podem trazer grandes benefícios para a otimização da pecuária de corte e auxiliar na monitorização das condições corporais e nutricionais do rebanho.

Considerando o tamanho do rebanho nacional explorado para produção de carne, pesquisas para aumentar o conhecimento sobre a eficiência da utilização de alimentos e sobre o metabolismo de bovinos têm grande impacto na redução das emissões de gases de efeito estufa e abertura de novas fronteiras para a pecuária.

## Referências

- ARCHER, J. A. *et al.* Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Crop and Pasture Science**, v. 50, n. 2, p. 147-162, 1999.
- ARTHUR, P. F.; HERD, R.M. Efficiency of feed utilization by livestock - Implications and benefits of genetic improvement. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, n.3, p. 281-290, 2005.
- ARTHUR, P. F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2, p. 131-139, 2001.
- BASARAB, J. A. *et al.* Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 489-502, 2007.
- BASARAB, J. A. *et al.* Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 3, p.189-204, 2003.
- BELLMANN, O. *et al.* Beef versus dairy cattle: a comparison of metabolically relevant hormones, enzymes, and metabolites. **Livestock Production Science**, v. 89, n. 1, p. 41- 54, 2004.
- BINGHAM, G. M. *et al.* Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 8, p. 2685-2689, 2009.
- 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**, v. 85, n. 3, p. 928-936, 2007.
- CHANNON, A. F.; ROWE, J. B.; HERD, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 1, p. 469-474, 2004.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 579 p. 2004.
- DIRKSEN, G.; BREITNER, W. A New quick test for semiquantitative determination of beta-hydroxybutyric acid in bovine milk. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 40, n. 2, p. 779-784, 1993.
- FITZSIMONS, C. *et al.* Feeding behavior, ruminal fermentation, and performance of pregnant beef cows differing in phenotypic residual feed intake offered grass silage. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 5, p. 2170-2181, 2014.
- FNP, CONSULTORIA E COMÉRCIO. **ANUALPEC 2015**: Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo, SP, 380p. 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acesso em: 5 nov. 2016.
- GOMES, R. C. **Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (Bos indicus) em função de seu consumo alimentar residual**. 2009. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- GONZÁLEZ, F. H. D. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 74p. 2000.
- GONÇALVES, A. L. *et al.* Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 366-376, 2008.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. **Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional**. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R. (Org.). I Simpósio de Patologia Clínica da Região Sul do Brasil. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 73-89, 2003.
- GUNSETT, F. C. Linear index selection to improve traits defined as ratio. **Journal of Animal Science**, v.59, n.5, p.1185-1193, 1984.
- JACOB, S. K. *et al.* Assessment of physiological stress in periparturient cows and neonatal calves. **Indian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 45, n. 2, p. 233-238, 2001.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. San Diego, Academic Press. 314p. 1997.

- 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**, v.88, n.8, p.109-123, 2010.
- LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.248-259. 2004.
- LAWRENCE, P. *et al.* Intake of conserved and grazed grass and performance traits in beef suckler cows differing in phenotypic residual feed intake. **Livestock Science**, v. 152, n. 9, p. 154-166, 2013.
- LOBLEY, G.E. *et al.* Whole body and tissue protein synthesis in cattle. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 43, n. 4, p.491-502, 1980.
- 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**, v. 91, n. 7, p. 2067-2076, 2013.
- MORAES, S. S.; TOKARNIA, C. H.; DOBEREINER, J. Deficiências e desequilíbrios de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 73-85, 1999.
- MORRISON, C. D. *et al.* Effect of intravenous infusion of recombinant ovine leptin on feed intake and serum concentrations of GH, LH, insulin, IGF-1, cortisol, and thyroxine in growing prepubertal ewe lambs. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 22, n. 1, p. 103-112, 2002.
- NKRUMAH, J. D. *et al.* Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 5, p. 2382-2390, 2007.
- 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**, v. 82, n. 5, p. 2451-2459, 2004.
- NKRUMAH, J. D. *et al.* Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 2, p. 145-153, 2006.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 609p. 2004.
- RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2004.
- RICHARDSON, E. C. *et al.* Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 1, p. 441-452, 2004.
- RICHARDSON, E. C. *et al.* Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, p. 901-908, 2002.
- RICHARDSON, E. C. *et al.* Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 2, p. 1065-1072, 2001.
- SPEARS, J. W. Trace mineral bioavailability in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 6, p. 1506-1509, 2003.
- WALKER, R.S. *et al.* Impact of cow size on dry matter intake, residual feed intake, metabolic response, and cow performance. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 2, p. 672-684, 2015.
- WITTEWER, F. *et al.* Diagnóstico de desbalance nutricional mediante la determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 25, n. 1, p. 165-172, 1993.

Recebido em: 13.12.2017

Aceito em: 24.03.2019