

FABIO EDUARDO FERREIRA

**ANÁLISE GENÉTICA PARA REDUÇÃO DO PERÍODO DE PROVAS DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM ANIMAIS DA RAÇA NELORE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa

T

F383a
2019
Ferreira, Fabio Eduardo, 1978-
Análise genética para redução do período de provas de eficiência alimentar em animais da raça Nelore / Fabio Eduardo Ferreira. - Viçosa, MG, 2019.
vi, 31 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Fabyano Fonseca e Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 24-31.

1. Nelore (Bovino) - Alimentação e rações. 2. Rações - Eficiência. 3. Nelore (Bovino) - Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.20855

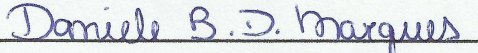
FABIO EDUARDO FERREIRA


**ANÁLISE GENÉTICA PARA REDUÇÃO DO PERÍODO DE PROVAS DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM ANIMAIS DA RAÇA NELORE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 04 de julho de 2019.


Cláudia Batista Sampaio


Daniele Botelho Diniz Marques


Fabyano Fonseca e Silva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Karina Galli da Silva Ferreira pelo apoio incondicional em todas as minhas atividades.

Aos meus filhos Laura Silva Ferreira e Vítor Silva Ferreira, os quais são a razão das minhas lutas e conquistas.

Aos meus pais Antônio Aurélio Ferreira e Jussara Ambrósio Franco pelo amor, dedicação e incentivo aos estudos.

Ao amigo e Professor Fabyano Fonseca e Silva pela humildade, simplicidade, disposição, dedicação, pelos ensinamentos e orientação.

À ABCZ pela oportunidade da experiência do mestrado profissionalizante, que proporcionou maior conhecimento técnico e científico na minha área de atuação profissional.

A todos os professores do curso, que compartilharam vasto conhecimento durante as oportunidades dos encontros presenciais.

Aos amigos, companheiros de estudos, Adriano Garcia, Eric Luis Marques da Costa, Ednira Gleida Marques, Roberto Winkler e Luis Antônio Josahkian pelo convívio durante os encontros presenciais, que tornou a experiência do mestrado profissionalizante ainda mais especial e enriquecedora.

Ao Dr. Luciano Borges, proprietário do Rancho da Matinha, pela concessão dos dados das provas de eficiência alimentar e apoio ao projeto desta dissertação.

Ao Prof. José Aurélio Bergmann pela atenção e indispensável ajuda na validação e interpretação dos resultados.

A todos aqueles que contribuíram e torceram pela conquista e realização deste desafio chamado mestrado profissionalizante.

*“ A felicidade não está na estrada que leva
a algum lugar ...
A felicidade é a própria estrada ... “*

Bob Dylan

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.2 Medidas de eficiência alimentar.....	3
2.2.1 Consumo alimentar residual (CAR)	4
2.2.1.1 Bases biológicas das diferenças no CAR	8
2.2.1.2 Correlações fenotípicas e genéticas do CAR com outras características	11
2.2.1.3 Benefícios ambientais com seleção baseada no CAR.....	13
2.2.2 Limitações da utilização do CAR	14
2.2.3 Resultados obtidos na seleção baseada no CAR.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Análise dos dados	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

FERREIRA, Fábio Eduardo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Análise Genética para redução do período de provas de eficiência alimentar em animais da raça Nelore.** Orientador: Fabyano Fonseca e Silva.

A maioria dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil enfatiza a seleção para características como pesos em diversas idades, ganho de peso diário, perímetro escrotal e características de carcaça. No entanto, é sabido que a alimentação é o item de maior representatividade no custo de produção. Assim, o melhoramento genético da eficiência alimentar maximiza a lucratividade do sistema de produção como um todo. Neste sentido, a seleção genética de animais que ingerem menos alimentos sem comprometer seu desempenho, aumenta substancialmente a lucratividade, além de reduzir os impactos ambientais dos sistemas de produção de carne. O presente estudo foi realizado utilizando as características Ingestão de Matéria Seca (IMS) e Consumo Alimentar Residual (CAR) obtidos entre os anos de 2011 e 2018, totalizando 2.500 animais Nelore testados no Rancho da Matinha, propriedade situada no município de Uberaba-MG. Avaliou-se a possibilidade de redução da duração dos testes de eficiência alimentar via estimação de parâmetros genéticos para IMS e CAR em diferentes períodos de teste (28, 35, 42, 56 e 70 dias). A redução do período de teste implica na diminuição dos custos fixos e operacionais, no incremento do número de animais testados (proporcionando maior número de informações fenotípicas para fins de melhoramento genético) e na maior utilização (otimização do investimento) dos equipamentos utilizados para as mensurações. Diante das altas estimativas de correlações genéticas (acima de 0.95) para IMS e CAR medidas em diferentes períodos (28, 35, 42, 56 e 70); conclui-se que o período mais indicado para duração das provas é o de 35 dias. A utilização deste período implica em uma forma prática e eficiente de maximizar o número de informações geradas nas provas de eficiência alimentar sem comprometer os aspectos genéticos inerentes às características estudadas.

ABSTRACT

FERREIRA, Fábio Eduardo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Genetic Analysis to reduce the period of feeding efficiency tests in Nelore animals.** Adviser: Fabyano Fonseca e Silva.

The majority of beef cattle breeding programs in Brazil emphasize the selection for body weight in different ages, scrotal perimeter and carcass traits. However, it is well known that feeding represents the major production costs. Thus, the genetic improvement of feed efficiency maximizes the profitability of the production system as a whole. In this sense, genetic selection of animals eating less food without performance decay, substantially increases the profitability and reduces the environmental impacts from beef cattle system. The present study was realized using the dry matter intake (DMI) and residual feed intake (RFI) traits obtained from 2011 and 2018, totalizing 2,500 Nelore animals belonging to Rancho da Matinha farm, located at Uberaba-MG. We evaluated the possibility to reduce the feed efficiency test period through genetic parameter estimates for DMI and RFI over different periods (28, 35, 42, 56 e 70 days after the start of the test). Reductions in the duration of test periods imply in reduction of the fixed and operating costs, in the increase of the number of tested animals (providing higher number of phenotypic information to be posteriorly used in breeding programs) and in the equipment optimization. Given the high genetic correlations (higher than 0.95) between each trait in different periods (28, 35, 42, 56 e 70 days after the start of the test); it is possible to conclude that the 35 days can be indicated as an optimal period. Using this period it is possible to maximize the number of information provided by feed efficiency tests without impair in genetic issues related to the studied traits.

1. INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro atingiu a marca de 218 milhões de cabeças em 2016 (IBGE, 2018), o que representa aproximadamente 22% do efetivo bovino mundial. O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do planeta, sendo precedido pela Índia (303 milhões) e seguido pela China (100 milhões) e EUA (98 milhões), segundo dados divulgados pela agência Farmnews (2018). Com uma produção total de carne bovina da ordem de 9,47 milhões de toneladas equivalente carcaça em 2017 (FSA/USDA, 2017), o Brasil tem sido capaz de abastecer todo o mercado interno e ainda gerar excedentes para exportação. Neste cenário, o país assume a segunda posição mundial, sendo superado apenas pelos EUA, com uma produção de 11,8 milhões de toneladas equivalente carcaça (FSA/USDA, 2017). No mesmo ano, segundo a mesma fonte, o Brasil liderou o mercado mundial de exportação de carne bovina com um total de 1,95 milhão de toneladas equivalente carcaça colocada no mercado internacional.

De acordo com a ABIEC (2016), cerca de 80% do rebanho nacional é composto por animais de raças zebuínas (*Bos taurus indicus*), que são animais de comprovada rusticidade e adaptação ao ambiente predominante no Brasil e, dentre estas raças, destaca-se a Nelore com 90% desta parcela, o que demonstra a importância desse grupo genético para a produção de carne no país.

No Brasil, nos últimos anos, destacam-se os avanços na área da sanidade animal, na suplementação mineral e proteica, novas técnicas de manejos, novos cultivares de forragens adaptadas a regiões pouco produtivas, utilização de Inseminação Artificial, e mais recentemente, a popularização da Inseminação por Tempo Fixo (IATF) facilitando acesso à genética de reprodutores melhoradores.

Nos bovinos de corte o aumento da utilização de métodos de avaliação genética permitiu identificação de animais geneticamente superiores. Porém grande parte dos programas de melhoramento genético existentes para bovinos de corte enfatiza a seleção para características como os pesos em diversas idades, ganho de peso diário, perímetro escrotal e características de carcaça. No entanto, há a

necessidade de 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 et al., 2012).

A alimentação representa o maior custo individual para a bovinocultura de corte, e a seleção de animais mais eficientes na utilização dos alimentos auxilia a reduzir os custos de produção (LANCASTER et al., 2009). Segundo Basarab et al. (2003), a seleção de animais que ingerem menos alimentos, sem comprometer seu desempenho, poderá aumentar substancialmente a lucratividade, assim como reduzir os impactos ambientais dos sistemas de produção de carne. Frente a isso, o consumo alimentar residual (CAR) é uma ferramenta que visa avaliar a eficiência alimentar, de forma independente do peso vivo metabólico e do ganho de peso diário, para que não haja implicância no aumento da exigência de manutenção do rebanho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Eficiência alimentar em bovinos de corte

A alimentação é o insumo de maior representatividade em qualquer sistema de produção animal, correspondendo a cerca de 70% do total dos custos de produção. Em bovinos, a quantificação do consumo de matéria seca é onerosa, principalmente quando comparada ao custo com mensurações de outras características, como ganho de peso e perímetro escrotal (LANNA & ALMEIDA, 2004b).

Informações do consumo de alimentos vêm sendo incluídas recentemente em projetos de seleção com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de genótipos superiores para tal característica (HERD et al., 2003; LANNA & ALMEIDA, 2004b; GOMES, 2009).

A eficiência da produção animal pode ser definida como a geração de produtos de origem animal com a menor quantidade de recursos possíveis. Segundo FERREL & JENKINS (1985), em torno de 70% do total da energia consumida por

bovinos de corte é utilizada para atender às exigências de manutenção e apenas 5% é convertida em proteína, valor baixo se compararmos ao das aves e suínos que são de 22% e 24%, respectivamente.

Observa-se que para a seleção de animais que consomem menos, para os mesmos pesos e ganho de peso, resulta em progênies divergentes para a mesma característica, provavelmente devido a uma variação individual na eficiência de utilização de nutrientes entre animais do mesmo tipo (raça, sexo, idade) que ingerem o mesmo tipo de alimento, indicando haver variação genética na eficiência de utilização dos nutrientes (HERD et al., 2004a).

A maioria dos programas de melhoramento genético para bovinos enfatiza a seleção de características para aumento de produção como pesos em diferentes idades, perímetro escrotal, características de carcaça e ganho de peso diário, sem dar enfoque à necessidade de diminuir os custos com alimentação, que pode ser atingido com o aumento da eficiência alimentar dos animais de um rebanho (LANNA & ALMEIDA, 2004b).

2.2 Medidas de eficiência alimentar

Várias medidas foram propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte, como: a conversão alimentar, eficiência alimentar bruta e o CAR. Todas estão correlacionadas com eficiência alimentar, porém as duas primeiras também se correlacionam com características de crescimento, com exceção do CAR (ARTHUR et al., 2001; MONTANHOLI et al., 2007).

Existe variação genética tanto na conversão alimentar como na eficiência alimentar bruta. Contudo, todas essas medidas citadas possuem limitações para serem utilizadas como características de seleção por estarem correlacionadas com ganho de peso e peso a idade adulta. A utilização destas medidas compromete a eficiência produtiva de sistemas a pasto, por haver aumento no tamanho adulto dos animais e das suas exigências de manutenção, além de comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes (ARTHUR et al., 2001; LANNA et al., 2003).

2.2.1 Consumo alimentar residual (CAR)

Buscando uma nova medida de eficiência alimentar que possibilitasse a diminuição dos custos com alimentação, sem alterar de forma negativa aspectos produtivos, KOCH et al., (1963) sugeriram a utilização do CAR.

O cálculo do CAR é efetuado pela diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, por meio de ajustes para peso médio metabólico (PMM) e taxa de ganho de peso (GMD, kg/dia).

Animais que apresentam CAR negativo são mais eficientes quando comparados aos animais com CAR positivo, pois ingerem menos alimento que o estimado para o mesmo ganho de peso. Portanto, necessitam de menor quantidade de nutrientes para sua manutenção e taxa de crescimento.

A equação para cálculo do CAR é a seguinte:

$$\text{CAR} = \text{Consumo Observado} - \text{Consumo Estimado } (f\{\text{PV}, \text{GPV}\}),$$

(KOCH et al., 1963; LANNA & ALMEIDA, 2004b; SAINZ et al., 2006)

O CAR é uma medida calculada individualmente durante um período médio de 2,5 a 3 meses em que os animais permanecem em baias individuais. Neste cálculo é realizado o registro diário da quantidade de alimento que foi oferecido e recusado, além do ganho médio de peso diário de cada um dos animais (SAINZ et al., 2006).

O CAR é independente do crescimento e dos padrões de maturidade. Com esta característica, é possível selecionar animais de menor consumo e menores exigências para manutenção (ARTHUR et al., 2001; BASARAB et al., 2003).

Na FIGURA 1 observam-se dois animais que possuem peso vivo médio e ganhos diários similares. Por terem o mesmo peso e o mesmo ganho, o consumo de matéria seca (CMS) estimado para os dois foi igual (~10,9kg/dia).

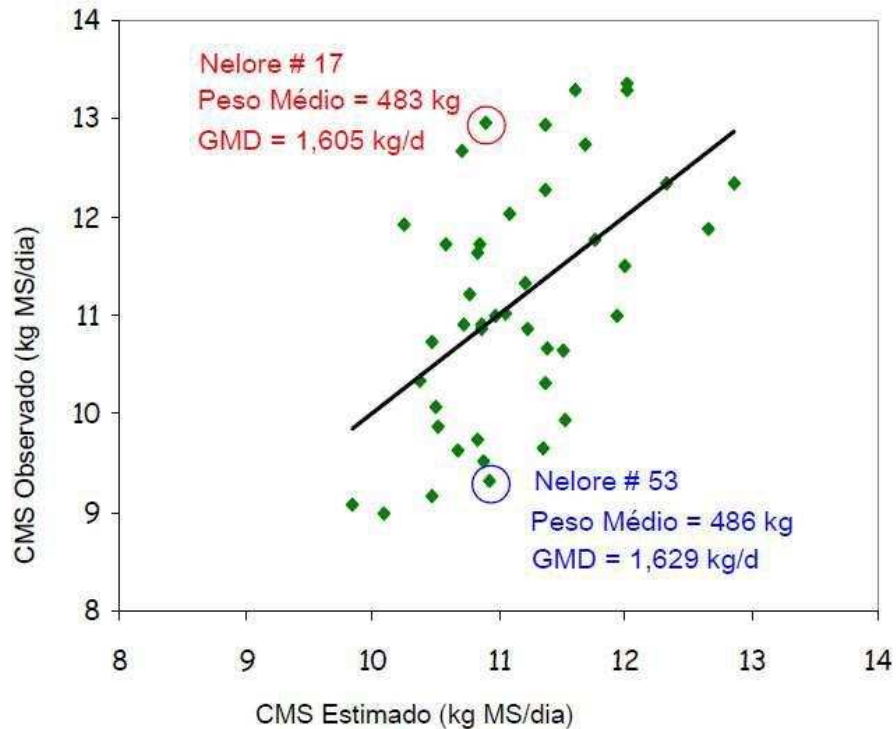


FIGURA 1 - Relação entre o consumo observado e o consumo estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de peso vivo médio e ganho médio diário similares. Fonte: LANNA & ALMEIDA (2004b)

Porém o CMS observado foi diferente do predito, como é visto na FIGURA 2. O animal com CAR negativo (mais eficiente) apresentou consumo de 1,6kg/dia a menos que o valor predito; em contrapartida, o animal com CAR positivo (menos eficiente) consumiu 2,0kg/dia a mais que o predito, para o mesmo ganho de peso (LANNA & ALMEIDA, 2004b).

Os resultados obtidos por LANNA & ALMEIDA (2004b) são semelhantes aos obtidos por pesquisadores australianos em seleção para o CAR. Animais com baixo CAR apresentaram menor CMS, gordura subcutânea menos abundante e desempenho semelhante ou superior quando comparados aos animais de alto CAR (ARCHER et al., 1997; HERD et al., 2004b; RICHARDSON & HERD, 2004).

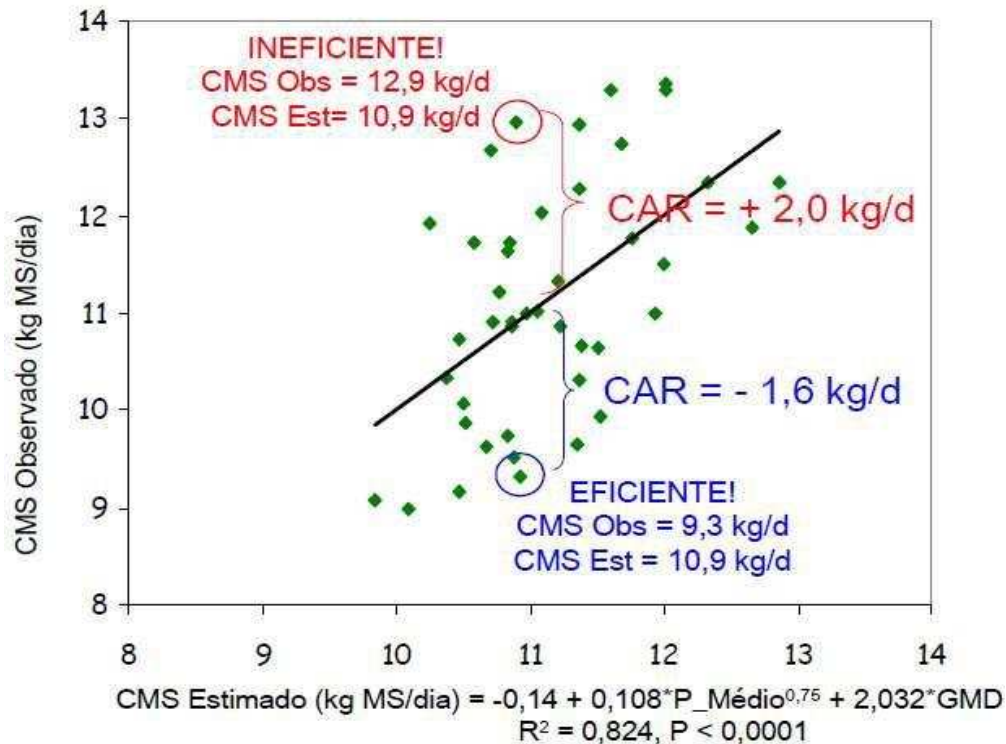


FIGURA 2 - Relação entre consumo observado e consumo estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de consumo alimentar residual (CAR) extremos. Fonte: LANNA & ALMEIDA (2004b)

Em resultados obtidos na literatura, a característica consumo alimentar residual (CAR) apresenta moderada a alta herdabilidade (Tabela 1), com valores observados variando entre 0,19 e 0,57 sendo possível de ser incluída em programas de melhoramento genético como ferramenta para seleção de bovinos de corte (LANNA & ALMEIDA, 2004b).

Observa-se na Tabela 1, para a característica IMS valores de herdabilidade de média a alta, com valores entre 0,31 e 0,48, podendo-se também incluir tal característica em programas de melhoramento genético.

Tabela 1 – Valores de Herdabilidade para Ingestão de Matéria Seca (IMS) e Consumo Alimentar Residual (CAR).

IMS	CAR	ANO	RAÇA	FONTE
0,4	0,38	2014	NELORE	Santana, M. H. A., Oliveira, G. A., Gomes, R. C., Silva, S. L., Leme, P. R., Stella, T. R., Ferraz, J. B. S.
0,48 ± 0,14	0,47 ± 0,13	2009	BRANGUS	Lancaster, P. A., Carstens, G. E., Crews, D. H., Welsh, T. H., Forbes, T. D. A., Forrest, D. W., Rouquette, F. M.
0,42 ± 0,13	0,19 ± 0,11	2008	ANGUS - BRAHMAN - ANGUS x BRAHMAN	Elzo, M. A., Riley, D. G., Hansen, G. R., Johnson, D. D., Myer, R. O., Coleman, S. W., Driver, J. D.
0,40 (0,02)	0,52 (0,14)	2011		Rolfe, K. M., Snelling, W. M., Nielsen, M. K., Freetly, H. C., Ferrell, C. L., & Jenkins, T. G.
0,41 ± 0,12	0,29 ± 0,12	2010	CROSSBREEDS	Mujibi, F. D. N., Nkrumah, J. D., Durunna, O. N., Stothard, P., Mah, J., Wang, Z., Moore, S. S.
0,41 ± 0,02	0,57 ± 0,09	2010	F1 ANGUS - CHAROLES - HEREFORD - LIMOUSIN - RED ANGUS - SIMENTAL	Snelling, W. M., Allan, M. F., Keele, J. W., Kuehn, L. A., Thallman, R. M., Bennett, G. L., ... Rolfe, K. M.
0,4	0,38	2014	NELORE	Santana, M. H. A., Oliveira, G. A., Gomes, R. C., Silva, S. L., Leme, P. R., Stella, T. R., ... Ferraz, J. B. S.
0,39 ± 0,10	0,47 ± 0,12	2012	ANGUS - CHAROLES	Mao, F., Chen, L., Vinsky, M., Okine, E., Wang, Z., Basarab, J., ... Li, C.
0,31±0,03	0,27±0,02	2014	BONSMARA	Steyn, Y., van Marle-Köster, E., & Theron, H. E.
0,36 ± 0,09	0,49 ± 0,09	2007	WAGYU	Hoque, M. A., Hosono, M., Oikawa, T., & Suzuki, K.
0,41 ± 0,12	0,29 ± 0,12	2010		Mujibi, F. D. N., Nkrumah, J. D., Durunna, O. N., Grant, J. R., Mah, J., Wang, Z., ... Moore, S. S.
0,34 ± 0,16	0,42 ± 0,16	2010		Durunna, O. N., Plastow, G., Mujibi, F. D. N., Grant, J., Mah, J., Basarab, J. A., ... Wang, Z.

2.2.1.1 Bases biológicas das diferenças no CAR

A variação no consumo de alimentos está associada com a variação nas exigências de manutenção dos ruminantes. Conforme aumenta a ingestão de alimentos, a quantidade de energia gasta para a digestão é incrementada, devido ao aumento no tamanho dos órgãos digestivos. A quantidade de energia consumida pelos tecidos aumenta por unidade de peso do animal (HERD et al., 2004a).

Estima-se que mais de dois terços da variação na mensuração do CAR tem contribuição de processos metabólicos. Os fatores metabólicos que podem contribuir para a variação no CAR são muitos e os principais mecanismos fisiológicos que influenciam sua variação estão relacionados com a resposta ao estresse, turnover proteico e metabolismo dos tecidos (37%), atividade locomotora (10%), digestibilidade dos alimentos (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e padrões de alimentação (2%), como mostrado na FIGURA 3.

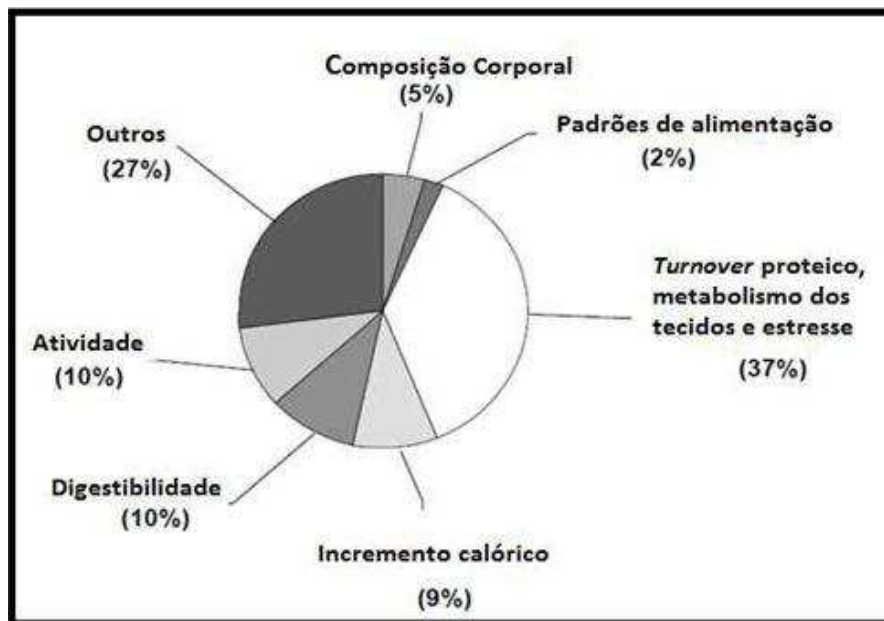


FIGURA 3 - Contribuições de mecanismos biológicos para variação do consumo alimentar residual (CAR) determinado a partir de experimentos com animais selecionados divergentemente. Fonte: Adaptado de RICHARDSON & HERD, (2004)

Conforme ocorre aumento no CAR, maior a proporção da ingestão de energia metabolizável direcionada para a produção de calor e menor a proporção para a retenção de energia (BASARAB et al., 2003; RICHARDSON & HERD, 2004; ARTHUR & HERD, 2008).

Ao avaliar a composição corporal de 175 novilhos *Bos taurus taurus* no Canadá, BASARAB et al.(2003) encontraram que novilhos mais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor consumo de energia metabolizável (10,2%), menor produção de calor (9,3%) e menor retenção de energia (12%) que os novilhos menos eficientes (CAR positivo). Os animais mais eficientes apresentaram vísceras menores do que os menos eficientes, além de carcaças com menos gordura intermuscular, interna e de cobertura (TABELA 2).

TABELA 2 - Contraste de características de novilhos de alto consumo alimentar residual (menos eficiente) e baixo consumo alimentar residual (mais eficiente)

Características	ALTO CAR	BAIXO CAR	P-Valor
Número de animais	43	44	-
CAR (kg/dia)	+0,69 ^a	-0,75 ^b	<0,0001
Consumo MS (kg/dia)	8,93 ^a	8,00 ^b	<0,0001
PV médio metabólico (kg)	94,3 ^a	93,9 ^a	0,354
Ganho médio diário (kg/d)	1,51 ^a	1,51 ^a	0,988
Consumo energia metabolizável (kJ/kg ^{0,75} d)	1083 ^a	973 ^b	<0,0001
Energia retida (kJ/kg ^{0,75} d)	332 ^a	292 ^b	0,0020
Produção de calor (kJ/kg ^{0,75} d)	751 ^a	681 ^b	<0,0001
Fígado (kg)	6,57 ^a	6,06 ^b	0,0070
Abomaso + intestino (kg)	48,7 ^a	45,0 ^b	0,0040
Gordura de acabamento (kg)	8,13 ^a	7,46 ^b	0,0020
Escore de marmoreio	465 ^a	432 ^b	0,0770
Gordura interna (g/kg carcaça)	25,6 ^a	24,1 ^a	0,1430

CAR = Consumo Alimentar Residual.

Fonte: BASARAB et al. (2003)

O estresse pode ter papel importante na variação do CAR em bovinos de corte. É uma resposta não específica do corpo para uma demanda do ambiente e, no sistema de criação intensivo, os animais são potencialmente sujeitos a muitas fontes de estresse, podendo haver menor desempenho e menor eficiência alimentar (MONTANHOLI et al., 2007).

RICHARDSON & HERD (2004) observaram que novilhos com baixo CAR apresentaram menor concentração de cortisol no sangue após estresse do que novilhos com alto CAR (8,51 e 19,84 ng/mL, respectivamente) e a correlação entre o

CAR e concentração de cortisol plasmático foi -0,40.

GOMES et al. (2009), em estudo utilizando animais da raça Nelore submetidos a situações de estresse moderado (privação de água e alimentos por 24 horas), encontraram menores níveis séricos de cortisol nos animais mais eficientes para CAR, indicando que existe relação da eficiência alimentar com as respostas ao estresse de bovinos em confinamento, portanto, os níveis de cortisol poderiam ser indicadores biológicos do CAR.

De acordo com MONTANHOLI et al.(2007) há limitações com a medição de níveis hormonais em amostras de sangue, uma vez que a secreção de glicocorticóides ocorre de forma pulsátil no sangue e a concentração de um hormônio pode mudar em poucos minutos. Portanto, a interpretação com base em uma amostra de sangue pode ser enganosa. Além disso, o estresse durante o procedimento de amostragem impõe uma limitação importante. Coletas de amostras alternativas, como urina e fezes podem ser utilizadas. Os valores obtidos de cortisol a partir de fezes e urina refletem períodos mais longos da atividade hipotálamo-hipófise-adrenal, portanto são valores mais precisos. Tem sido dada atenção às diferenças mitocondriais entre os animais como sendo uma explicação para a diferença de eficiência existente. Diferenças mitocondriais se relacionam com as medidas fenotípicas de eficiência.

De acordo com KERLEY (2010), encontrou-se relação entre o consumo de oxigênio e o CAR do animal. Animais mais eficientes tiveram um consumo de oxigênio mais rápido, conseguiram estabelecer a homeostase da fosforilação mais rápido do que animais menos eficientes e cessaram o consumo em menos tempo por terem saciedade mais rápida. Isso explica o consumo reduzido, a existência de menor gordura corporal e glicemia e concentrações de insulina diminuídas mensuradas em bovinos de baixo CAR.

2.2.1.2 Correlações fenotípicas e genéticas do CAR com outras características

HERD & BISHOP (2000); ARTHUR et al.(2001); BASARAB et al.(2007) e

KRUMAH et al.(2007), encontraram valores entre 0,64 e 0,79 para as correlações entre CAR e CMS, sendo estes valores considerados altos.

Em estudos realizados por SNELLING et al. (2010), as estimativas de correlação genética e fenotípica entre CAR e CMS também foram altas e bastante semelhantes ($r_g = 0,66$ e $r_p = 0,61$), como mostrado na TABELA 3. Neste estudo não houve correlação fenotípica entre CAR e ganho médio diário ou entre CAR e peso corporal a médio prazo.

TABELA 3 - Estimativas (com os respectivos erros-padrão) de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) de características de crescimento e eficiência alimentar

	GMD	PMP	CMS	CAR	G:A
GMD	0,26 (0,10)	0,86 (0,13)	0,56 (0,16)	-0,15 (0,25)	0,31 (0,25)
PMP	0,51 (0,03)	0,35 (0,12)	0,71 (0,11)	-0,02 (0,24)	-0,02 (0,28)
CMS	0,64 (0,02)	0,72 (0,02)	0,40 (0,02)	0,66 (0,12)	-0,60 (0,18)
CAR	-0,01 (0,04)	-0,01 (0,04)	0,61 (0,02)	0,52 (0,14)	-0,92 (0,07)
G:A	0,51 (0,03)	-0,19 (0,04)	-0,32 (0,03)	-0,67 (0,02)	0,27 (0,10)

GMD= ganho médio diário; PMP= peso corporal a médio prazo; CMS= consumo matéria seca; CAR= consumo alimentar residual; G:A= proporção ganho alimentar (relação ganho:alimento).

Estimativas de herdabilidade estão na diagonal (\pm erro padrão). Estimativas de correlações genéticas estão na diagonal (\pm erro padrão).

Estimativas de correlações fenotípicas estão abaixo da diagonal (\pm erro padrão).

Fonte: SNELLING et al. (2010)

Animais com baixo CAR são mais eficientes em termos de conversão de alimentos por unidade de crescimento. O CAR está relacionado, tanto fenotipicamente como geneticamente, à conversão alimentar. Segundo resultados da literatura, a correlação fenotípica e genética entre CAR e conversão alimentar foi de 0,42 a 0,76 e de 0,62 a 0,85, respectivamente (HERD & BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001; BASARAB et al., 2007; NKRUMAH et al., 2007).

Em estudo de HERD et al. (2003), novilhas foram selecionadas para CAR na desmama. Foi observada baixa correlação genética entre CAR pós desmama e tamanho de vacas adultas (-0,22 e -0,09, respectivamente), e alta correlação entre CAR pós desmama e CMS, indicando que a seleção para CAR na fase de crescimento não interferiu no tamanho adulto do animal. Esses animais também foram os mais eficientes para o CAR na maturidade, apresentando menor CMS. A correlação do CAR na desmama com o CAR dos animais já adultos é alta (0,98), portanto a seleção para baixo CAR na desmama resulta em animais mais eficientes na maturidade.

O CAR, em comparação às demais medidas de eficiência energética, apresenta grande potencial na eficiência produtiva por ser independente de crescimento e tamanho dos animais (LUCILA-SOBRINHO et.al., 2011).

2.2.1.3 Benefícios ambientais com seleção baseada no CAR

É importante que seja reduzido o uso de recursos naturais e a emissão de gases de efeito estufa por unidade de carne produzida (BASARAB et al.,2003). Ainda segundo o mesmo autor, selecionando animais baseado no CAR, pode-se melhorar o impacto ambiental, pois há redução da produção de gases poluentes e esterco.

Tal afirmação corrobora com o protocolo de Kyoto, que exige estratégias para reduzir a emissão de gases de efeito estufa por países mais desenvolvidos.

Animais de baixo CAR (mais eficientes) emitem cerca de 28% menos metano na atmosfera quando comparados a animais com alto CAR (mais eficientes), NKRUMAH et al. (2006). Em relação à produção de esterco (N, P e K), animais mais

eficientes produziram 24 kg/dia contra 26,5 kg/dia produzidos pelos menos eficientes (OKINE et. al., 2003). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por HERD et al. (2002) em animais com diferentes valores para CAR.

Dentre as vantagens da seleção de animais mais eficientes, é possível reduzir a utilização de áreas de pasto para produzir a mesma quantidade de carne (BASARAB et al., 2003).

Em relação ao impacto ambiental no Brasil, o grande desafio para o setor pecuário no país é aumentar a produtividade simultaneamente à liberação de terras para outras formas de produção agrícola, a fim de evitar o desmatamento. A mitigação dos efeitos negativos ambientais da produção animal é fundamental para continuação do setor e está forçando mudanças importantes na organização da cadeia produtiva do gado para cumprir a nova e rigorosa legislação de proteção ambiental (FAO, 2015)

2.2.2 Limitações da utilização do CAR

A seleção de animais de baixo CAR pode resultar em carcaças com pouca gordura subcutânea, menor marmoreio e menor teor de gordura na cavidade abdominal. Além disso, o gasto que se tem para determinar o CAR de cada animal é alto quando comparado a outras medidas como o perímetro escrotal e o ganho de peso (LANNA & ALMEIDA, 2004b).

2.2.3 Resultados obtidos na seleção baseada no CAR

Com relação ao custo-benefício, tem-se que para a seleção baseada no CAR, os benefícios obtidos são maiores que os gastos oriundos da coleta individual dos dados de consumo do animal. Conforme estimativas de LANNA & ALMEIDA (2004a), assumindo desvio-padrão fenotípico de 1,05kg de MS/dia, uma herdabilidade de 0,34, intervalo de gerações de cinco anos e intensidade de seleção de 5% para machos e 50% para fêmeas, estima-se um ganho genético anual na redução do

consumo de 0,102 kg de MS/dia. Ou seja, a cada ano de seleção os animais consumiriam 1,3% menos alimentos com o mesmo desempenho.

Em estudo realizado por ARCHER et al. (2002), foi observado que a mensuração do CAR em tourinhos é economicamente lucrativa para todos os sistemas de produção de carne bovina, tanto em condições extensivas de pastejo, como em terminação no confinamento utilizando-se dietas de alto nível de concentrado. O uso de touros com baixo CAR (mais eficientes) resulta em progênes também mais eficientes em sistemas de terminação baseado em pastagens.

De acordo com HERD et al. (2004b), touros com diferença esperada na progênie (DEP) para CAR de -1kg/dia resultaram em progênes com crescimento 19% mais rápido, sem nenhum aumento no CMS, com CAR 26% menor.

De acordo com pesquisas brasileiras, a variação fenotípica do CAR para bovinos zebuínos foi semelhante ou superior aos demais estudos em taurinos, variando de 0,41 a 1,05 kg de MS/dia. Nestes estudos, não existiram diferenças na composição corporal entre os animais de baixo ou alto CAR (ALMEIDA et al., 2004; ALMEIDA, 2005; GOMES, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a condução dos estudos, a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) disponibilizou em parceria com o Sr. Luciano Borges Ribeiro, proprietário do Rancho da Matinha, localizada no município de Uberaba-MG. Os dados de pedigree continham informações de 2.600 animais da raça Nelore, Puros de Origem (P.O.). Todos os animais utilizados neste estudo foram registrados pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ).

Também serão disponibilizados os dados resultantes de 19 testes de eficiência alimentar, sendo 12 testes de machos e 7 testes de fêmeas, realizados entre os anos de 2011 à 2017, totalizando 2.526 animais, sendo 1.593 machos e 933 fêmeas da raça Nelore.

Acredita-se que através da análise estatística apropriada dos dados e resultados obtidos através dos testes de eficiência alimentar, conduzidos na propriedade Rancho da Matinha, que desde o ano de 2011 realiza os testes, acompanhados de avaliações de carcaça pelo método de ultrassonografia, se possa estimar respostas correlacionadas e consistentes, relativas ao consumo médio diário de matéria seca e consumo alimentar residual durante o período de teste e que se possa propor uma diminuição do período efetivo de teste.

3.1 Análise dos dados

Para a estimação dos parâmetros genéticos nos diferentes dias, será utilizado o modelo animal, descrito na forma matricial como:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{e}$$

em que: \mathbf{y} é o vetor da variável dependente; \mathbf{X} é matriz de incidência dos efeitos fixos; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de efeitos fixos; \mathbf{Z} é a matriz de incidência do efeito genético aditivo direto; \mathbf{a} é o vetor de efeito genético aditivo; \mathbf{e} é o vetor de efeitos aleatórios residuais. As análises foram realizadas usando os softwares da família BLUPF90 (Misztal et al, 2002).

De acordo com o modelo em questão, foi assumido que:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 \\ \dots \\ \mathbf{Y}_2 \\ \dots \\ \vdots \\ \mathbf{Y}_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{e} \quad \mathbf{a} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \dots \\ \mathbf{a}_2 \\ \dots \\ \vdots \\ \mathbf{a}_n \end{bmatrix},$$

sendo os subvetores \mathbf{Y}_1 , \mathbf{Y}_2 , \mathbf{Y}_3 , \mathbf{Y}_4 e \mathbf{Y}_5 as observações fenotípicas dos animais para CAR medida aos 28, 35, 42, 56 e 70 dias, e IMS medida aos 28, 35, 42, 56 e 70 dias respectivamente. Da mesma forma, os subvetores \mathbf{a}_1 , \mathbf{a}_2 , \mathbf{a}_3 , \mathbf{a}_4 e \mathbf{a}_5 representam os valores genéticos aditivos dos animais para CAR em cada um dos

dias previamente mencionados.

Em relação aos efeitos do modelo apresentado, assumiu-se ainda que:

$\mathbf{a} \sim N(\mathbf{0}, \Sigma_a \otimes \mathbf{A})$ e $\mathbf{e} \sim N(\mathbf{0}, \Sigma_e \otimes \mathbf{I})$, em que Σ_a e Σ_e representam, respectivamente, as matrizes de covariâncias genéticas e residuais; sendo \mathbf{A} a matriz de parentesco baseada em genealogia e \mathbf{I} uma matriz identidade.

As matrizes de covariâncias são dadas por:

$$\Sigma_a = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a12} & \cdots & \sigma_{a1n} \\ & \sigma_{a2}^2 & \cdots & \sigma_{a2n} \\ \text{Sim} & & \ddots & \vdots \\ & & & \sigma_{an}^2 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \Sigma_e = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{e12} & \cdots & \sigma_{e1n} \\ & \sigma_{e2}^2 & \cdots & \sigma_{e2n} \\ \text{Sim} & & \ddots & \vdots \\ & & & \sigma_{en}^2 \end{bmatrix}.$$

Desta forma, as herdabilidades (para CAR e IMS em cada tempo i) e as correlações genéticas são dadas respectivamente por:

$$h_i^2 = \frac{\sigma_{ai}^2}{\sigma_{ai}^2 + \sigma_{ei}^2} \quad \text{e} \quad r_i = \frac{\sigma_{aai'}}{\sqrt{\sigma_{ai}^2 \sigma_{ai'}^2}}.$$

Todas as análises foram realizadas no software livre WOMBAT (2007) via método de estimação REML (Máxima Verossimilhança Restrita) por meio da combinação dos algoritmos AI (Average Information) e EM (Expectation Maximization).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização das provas de Eficiência Alimentar, na propriedade rural Rancho da Matinha, entre os anos de 2011 e 2018, utilizando-se o equipamento de mensuração denominado GrowSafe®, os testes são realizados intrarebanho, dentro da mesma safra de nascimento e mesmo sexo. A cada safra foram realizados dois testes de machos e um teste de fêmeas gestantes com igual período de duração,

sendo 21 dias de período de adaptação e 70 dias de período efetivo de teste, totalizando 91 dias para cada teste realizado.

A medida diária de consumo utilizada foi a ingestão de matéria seca (IMS), sendo que foram realizadas pesagens a cada 15 dias (Dia 1 , Dia 14 , Dia 28 , Dia 42, Dia 56 e Dia 70).

Como medida de eficiência foram utilizados os parâmetros de Consumo Alimentar Residual (CAR) ao final do teste corrigido para gordura (CAR-FAT).

Como hipótese do estudo, que tem como objetivo avaliar a possibilidade de redução no período de testes de 70 para 35 dias, foram estimados valores de correlações genéticas entre as características de interesse, Ingestão de Matéria Seca (IMS) e Consumo Alimentar Residual (CAR) nos dias avaliados, com atenção especial no dia 35, utilizando-se o dia 70 como base, de acordo com a hipótese principal do estudo.

Para o cálculo do CAR aos 35 dias, existe a necessidade do peso dos animais para este dia. Como não havia este peso na base de dados utilizada, o mesmo foi estimado via regressão linear simples entre peso (y) e dias (x=1,14,28,42,56 e 70) . Foram considerados animais com $R^2 > 0.90$, condição que contemplou 97% dos animais considerados para o estudo.

Foram encontradas correlações genéticas altas entre IMS nos dias 28,35,42 e 56 com IMS70, de acordo com a Tabela 4:

Tabela 4 – Correlações genéticas (erro-padrão) entre Ingestão de Matéria Seca (IMS) aos 70 dias e nos demais dias estudados (28, 35, 42 e 56).

Ingestão de matéria seca em diferentes dias	Ingestão de matéria seca aos 70 dias de prova
28	0,9852 (0,0221)
35	0,9918 (0,0221)
42	0,9976 (0,0234)
56	0,9991 (0,0123)

Nota-se uma correlação alta entre a característica IMS para os dias 28, 35, 42 e 56 quando correlacionados com o dia 70. Tal resultado demonstra que para a característica em questão, existe a possibilidade de redução do tempo efetivo de prova, para 28, 35, 42 e 56 dias com eficiência de predição semelhante à prova realizada com 70 dias de duração.

De acordo com a Tabela 5, foram encontradas herdabilidades de baixo valor para a característica IMS para os dias 28, 35, 42, 56 e 70, demonstrando que esta característica é altamente influenciada pelo efeito ambiental, sendo necessária especial atenção à este fator, com objetivo de tentar reduzir tais efeitos e potencializar a expressão genética dos animais em teste para esta característica.

Tabela 5 – Herdabilidades (erro-padrão) para Ingestão de Matéria Seca (IMS) aos 28, 35, 42, 56 e 70 dias após início da prova.

Ingestão de matéria seca em diferentes dias	Herdabilidades
28	0,1685 (0,0123)
35	0,1678 (0,0245)
42	0,1731(0,0208)
56	0,1752 (0,0214)
70	0,1677 (0,0234)

De acordo com a Tabela 1, que demonstra valores médios de herdabilidades para IMS obtidas em diversos trabalhos científicos e publicações, foram observados valores de herdabilidade considerados medianos, entre 0,31 e 0,48.

De acordo com a Tabela 6, nota-se uma correlação alta entre a característica CAR para os dias 35,42 e 56 quando correlacionados com o dia 70. Tal resultado demonstra que para a característica em questão, existe a possibilidade de redução do tempo efetivo de prova para 35, 42 e 56 dias com eficiência de predição semelhante à prova realizada com 70 dias de duração.

Tabela 6 – Correlações genéticas (erro-padrão) entre Consumo Alimentar Residual (CAR) aos 70 dias e nos demais dias estudados (35, 42 e 56).

Consumo Alimentar Residual em diferentes dias*	Consumo Alimentar Residual aos 70 dias de prova
35	0,9623 (0,0202)
42	0,9742 (0,0341)
56	0,9855 (0,0234)

* As análises multi-características com informações do dia 28 não foram consideradas por falta de convergência dos algoritmos AI-EM.

De acordo com a Tabela 7, foram encontradas herdabilidades de valor moderado para a característica CAR para os dias 35,42,56 e 70, demonstrando que esta característica é influenciada pelo efeito gênico, ocorrendo resposta correlacionada fenotípica quando utiliza-se a seleção de animais para esta característica. Desta maneira pode-se potencializar o ganho genético em animais testados para esta característica, obtendo-se respostas consideradas satisfatórias.

Tabela 7 – Herdabilidades (erro-padrão) para Consumo Alimentar Residual (CAR) aos 35, 42, 56 e 70 dias após início da prova.

Consumo Alimentar Residual em diferentes dias	Herdabilidades
35	0,3636 (0,0313)
42	0,2944 (0,0312)
56	0,3097 (0,0298)
70	0,3374 (0,0301)

De acordo com a Tabela 1, que demonstra valores médios de herdabilidades para CAR, obtidas em diversos trabalhos científicos e publicações, foram observados valores de herdabilidade considerados medianos, entre 0,19 e 0,57.

Observa-se uma grande amplitude entre as médias dos valores encontrados na literatura. Considerando-se que para a principal hipótese estudada, que é a de 35 dias de prova efetiva, os trabalhos encontraram valores de herdabilidade semelhantes.

Os Testes de Eficiência Alimentar têm se tornado uma ferramenta de fundamental importância para a seleção de bovinos de corte, pois contemplam características fundamentais no desempenho de animais: IMS e CAR. Tais características estão estritamente relacionadas ao aspecto nutricional dos animais, sendo a nutrição considerada o item de maior impacto econômico na atividade de pecuária de corte. Por este motivo, a identificação de animais mais eficientes em relação à conversão alimentar, ou seja, que apresentam uma relação mais eficiente entre ingestão de matéria seca e ganho em peso, é fundamental para que estes animais possam ser utilizados em larga escala em rebanhos de seleção e comerciais, a fim de proporcionar maior eficiência no processo de produção de carne.

Outro aspecto importante a ser considerado é em relação ao investimento na aquisição dos cochos e equipamentos eletrônicos que realizam as diversas mensurações ao longo do teste. Ao se considerar como viável a hipótese de redução do período efetivo da prova de 70 para 35 dias, existe a real possibilidade de testar um maior número de animais em relação aos testes realizados anteriormente e, como consequência, uma maximização do uso dos equipamentos, proporcionando a diluição do valor do investimento fixo pelo número de animais testados.

A redução do número de dias de teste, para as várias propriedades que já realizam os testes de maneira efetiva ou estão em fase de implementação, possibilita o teste de um grande número de animais, ou até mesmo de toda a safra de nascimento de animais de um determinado ano. Esta situação representa ganhos significativos em termos de melhoramento genético, em que as estimativas de valores genéticos levam em consideração as médias dos grupos de contemporâneos. Portanto a possibilidade real de se testar uma safra de jovens reprodutores por completo, possibilita a estimativa de médias representativas e identificação de animais superiores que serão multiplicados em grande escala.

Como sugestão para futuros estudos, pode-se avaliar a correlação entre CAR e características de avaliação de carcaça, obtidas pelo método de ultrassonografia, com objetivo de se obter uma análise mais ampla do que simplesmente eficiência alimentar, mas também em termos quantitativos e qualitativos de carcaça. Nota-se que em algumas situações, a seleção simplesmente pela eficiência alimentar, pode conduzir a animais com biótipos de tamanho (frame) grande e de menor espessura de gordura (acabamento da carcaça), sendo que tais carcaças não são consideradas adequadas ao sistema produtivo eficiente e produtivo.

Desta maneira, levando-se em consideração os possíveis ganhos econômicos e genéticos oriundos dos testes de eficiência alimentar, a real possibilidade de redução do período efetivo de teste representa a possibilidade de seleção efetiva e maior potencial de identificação de animais superiores, e como consequência maior oferta de reprodutores selecionados ao mercado. A utilização de um maior número de reprodutores testados e mais eficientes para a característica CAR em larga escala nos rebanhos comerciais irá resultar na produção de animais de maior eficiência no consumo de alimentos e conversão em proteína de origem animal, e desta maneira proporcionar a utilização mais racional dos recursos naturais disponíveis. Assim a exploração pecuária terá possibilidade de atender às demandas ambientais, que têm se tornado cada vez mais importantes, e também proporcionar maiores ganhos e maior rentabilidade à atividade de maneira global.

5. CONCLUSÕES

Os Testes de Eficiência Alimentar têm se tornado uma ferramenta de fundamental importância para a seleção de bovinos de corte, pois contemplam parâmetros fundamentais no desempenho de animais: IMS e CAR.

Diante das altas correlações genéticas para IMS medidas em diferentes dias (28, 35, 42, 56 e 70), tal como observado também para CAR nos dias 35, 42 e 56 é possível concluir que o período de 35 dias para duração das provas é indicado como sendo uma forma prática e eficiente de maximizar o número de informações geradas nas provas de eficiência alimentar sem comprometer os aspectos genéticos inerentes a estas características.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHER, J. A.; BERGH, L. **Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle.** Livestock Production Science, v. 65, n. 1-2, p. 47-55, 2000.

ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. **Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle.** Journal of Animal Science, Champaign, v.75, n.8, p.2024-2032, 1997.

ARCHER, J. A.; REVERTER, A; HERD, R. M.; JOHNSTON, D. J.; ARTHUR,P. F. **Genetic variation in feed intake and feed efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements.** In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. Proceedings... Montpellier: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, p. 221-224 , 2002.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M.; MELVILLE, G. J. **Response to selection for net feed intake in beef cattle.** In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14, 2001, Queenstown. Proceedings... Queenstown: AAABG, p. 135-138, 2001.

ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. **Residual feed intake in beef cattle.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.37, p.269-279, 2008.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento.** 2005. 181f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE, K. L. **Residual feed intake and body composition in young growing cattle.** Canadian Journal of Animal Science, Ottawa, v.83, p. 189-204, 2003.

BASARAB, J. A.; MCCARTNEY, D.; OKINE, E. K.; BARON, V. S. **Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits.** Canadian Journal Animal Science, Ottawa, v.87, p. 489-502, 2007.

BARWICK, S. A., WOLCOTT, M. L., JOHNSTON, D. J., BURROW, H. M., & SULLIVAN, M. T. (2009). **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, 49(6), 351.doi:10.1071/ea08249

BOLORMAA, S., PRYCE, J. E., KEMPER, K., SAVIN, K., HAYES, B. J., BARENDSE, W., ... GODDARD, M. E. (2013). **Accuracy of prediction of genomic breeding values for residual feed intake and carcass and meat quality traits in Bos taurus, Bos indicus, and composite beef cattle.** Journal of Animal Science, 91(7), 3088–3104.doi:10.2527/jas.2012-5827

CORVINO, TATIANA L. S. et al. **Consumo alimentar residual e reatividade de bovinos Nelore.** Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 46, 2009.

CYRILLO, J.N.S., FIGUEIREDO, L.A., RAZOOK, A.G. et al. **Prova de Ganho de Peso de Sertãozinho: Efeitos genéticos e de ambiente sobre características de crescimento.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBZ, 1996. p.121.

CULBERTSON, M. M. et al. **Optimum measurement period for evaluating feed intake traits in beef cattle.** Journal of animal science, v. 93, n. 5, p. 2482-2487, 2015.

DE MORAES, G. F., ABREU, L. R. A., FERREIRA, I. C., & PEREIRA, I. G. (2016). **Utilização do Consumo Alimentar Residual em Prol do Melhoramento Genético de Bovinos de Corte**. Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E).

DURUNNA, O. N., PLASTOW, G., MUJIBI, F. D. N., GRANT, J., MAH, J., BASARAB, J. A., ... WANG, Z. (2011). **Genetic parameters and genotype × environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets¹**. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3394–3400. doi:10.2527/jas.2010-3516

ELZO, M. A., RILEY, D. G., HANSEN, G. R., JOHNSON, D. D., MYER, R. O., COLEMAN, S. W., ... DRIVER, J. D. (2009). **Effect of breed composition on phenotypic residual feed intake and growth in Angus, Brahman, and Angus × Brahman crossbred cattle**. *Journal of Animal Science*, 87(12), 3877–3886. doi:10.2527/jas.2008-1553

GOMES, R. C. **Metabolismo protéico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar residual**. 2009. 93f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

GRION, A.L. **Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012.

HAYES, B. J., DONOGHUE, K. A., REICH, C. M., MASON, B. A., BIRD-GARDINER, T., HERD, R. M., & ARTHUR, P. F. (2016). **Genomic heritabilities and genomic estimated breeding values for methane traits in Angus cattle**. *Journal of Animal Science*, 94(3), 902–908. doi:10.2527/jas.2015-0078

HENDERSON, C. R. **Estimation of variance and covariance components.** Biometrics, v.9, p. 226-252,1953.

HERD, R. M.; BISHOP, S. C. **Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle.** Livestock Production Science, Collingwood,v.63, p.111-119, 2000.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F.; HEGARTY, R.S.; ARCHER, J.A. **Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake.** Proceedings... World Congress of Genetic Applied to Livestock Production. v.31, p.281-284, 2002.

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.1, p.9- 17, 2003.

HERD, R. M; ODDY, V. H.; RICHARDSON, E. C. **Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle.** 1. Review of potential mechanisms. Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v.44, p. 423-430, 2004a.

HOQUE, M. A., HOSONO, M., OIKAWA, T., & SUZUKI, K. (2009). **Genetic parameters for measures of energetic efficiency of bulls and their relationships with carcass traits of field progeny in Japanese Black cattle¹.** Journal of Animal Science, 87(1), 99–106. doi:10.2527/jas.2007-0766

LANCASTER, P. A., CARSTENS, G. E., CREWS, D. H., WELSH, T. H., FORBES, T. D. A., FORREST, D. W., ... ROUQUETTE, F. M. (2009). **Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers¹.** Journal of Animal Science, 87(12), 3887–3896. doi:10.2527/jas.2009-2041

LANNA, D. P. D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA, R; BERNDT, A. **Conversão alimentar-Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas.** In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2003. p. 87-110.

LANNA, D. P. D.; 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., 2004. Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBZ, 2004a. p.248-259.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. **Residual Feed Intake: um novo critério de seleção?** In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2004. Pirassununga. Anais... Pirassununga: SBMA, 2004b. p.248-259.

LUCILA-SOBRINHO, T. L.; BRANCO, R. H.; BONILHA, S .F. M.; CASTILHOS, A. M.; FIGUEIREDO, L. A.; RAZOOK, A. G.; MERCADANTE, M. E. Z. **Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.40, n.4, p.929-937, 2011.

MACNEIL, M. D. **Value of genomics in breeding objectives for beef cattle.** R. Bras. Zootec., 45(12):794-801, 2016.

MAO, F., CHEN, L., VINSKY, M., OKINE, E., WANG, Z., BASARAB, J., ... LI, C. (2013). **Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers**¹. Journal of Animal Science, 91(5), 2067–2076.doi:10.2527/jas.2012-5470

MUJIBI, F. D. N., NKRUMAH, J. D., DURUNNA, O. N., STOTHARD, P., MAH, J., WANG, Z., ... MOORE, S. S. (2011). **Accuracy of genomic breeding values for residual feed intake in crossbred beef cattle**¹. Journal of Animal Science, 89(11), 3353–3361. doi:10.2527/jas.2010-3361

MUJIBI, F. D. N., NKRUMAH, J. D., DURUNNA, O. N., GRANT, J. R., MAH, J., WANG, Z., ... MOORE, S. S. (2011). **Associations of marker panel scores with feed intake and efficiency traits in beef cattle using preselected single nucleotide polymorphisms**¹. Journal of Animal Science, 89(11), 3362–3371. doi:10.2527/jas.2010-3362

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A. **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, p.2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J. D.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; SCHMID, K.; BASARAB, J. A. **Relationships of feedlot, feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle**. Journal of Animal Science, Champaign, v.84, p. 145-153, 2006.

NKRUMAH, J. D.; CREWS JUNIOR, D.H.; BASARAB, J.A. **Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle**. Journal of Animal Science, Champaign, v.85, p.2382-2390, 2007.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. **Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle**. 1. Synthesis of results following divergent selection. Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v.44, p. 431-440, 2004

ROLFE, K. M., SNELLING, W. M., NIELSEN, M. K., FREETLY, H. C., FERRELI, C. L., & JENKINS, T. G. (2011). **Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection**123. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3452–3459. doi:10.2527/jas.2011-3961

SANTOS, G.P. dos. **Eficiência alimentar, parâmetros sanguíneos e comportamento ingestivo de machos e fêmeas da raça Nelore**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2014.

SANTANA, M. H. A., OLIVEIRA, G. A., GOMES, R. C., SILVA, S. L., LEME, P. R., STELLA, T. R., FERRAZ, J. B. S. (2014). **Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle**. *Livestock Science*, 167, 80–85. doi:10.1016/j.livsci.2014.06.002

SAINZ, R. D.; GUEDES, C. F.; GOMES, R. C. **Consumo Alimentar, Eficiência Alimentar e Impactos na Qualidade da Carne**. In: V SIMCORTE - V Simpósio de Produção de Gado de Corte e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, Viçosa. Anais... Viçosa: V SIMCORTE, 2006. p.345-360.

SANTANA, M. H. A., OLIVEIRA, G. A., GOMES, R. C., SILVA, S. L., LEME, P. R., STELL, T. R., FERRAZ, J. B. S. (2014). **Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle**. *Livestock Science*, 167, 80–85. doi:10.1016/j.livsci.2014.06.002

SNELLING, W.; ROLFE, K.; NIELSEN, M.; FREETLY, H. **Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle.** Journal of Animal Science, Champaign, v.89, n.6, p. 1731-1741, 2011.

SNELLING, W. M., ALLAN, M. F., KEELE, J. W., KUEHN, L. A., THALLMAN, R. M., BENNETT, G. L., ... ROLFE, K. M. (2011). **Partial-genome evaluation of postweaning feed intake and efficiency of crossbred beef cattle^{1,2}.** Journal of Animal Science, 89(6), 1731–1741.doi:10.2527/jas.2010-3526

STEYN, Y., van MARLE-KOSTER, E., & THERON, H. E. (2014). **Residual feed intake as selection tool in South African Bonsmara cattle.** Livestock Science, 164, 35–38.doi:10.1016/j.livsci.2014.03.007