

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PREDIÇÕES DE
VALORES GENÉTICOS DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL
E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA
NELORE**

Lorraine Cristina Oliveira de Moraes
Orientador: Prof. Dr. Arcadio de los Reyes Borjas

GOIÂNIA
2013



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TE-DE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás-UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor: **Lorraine Cristina Oliveira de Moraes** E-mail: **lorraine.oliva@hotmail.com**

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? Sim Não

Vínculo Empregatício do autor: Agência de fomento: **CAPES**

País: **Brasil UF-GO** CNPJ: Sigla:

Título: **ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS** Palavras-chave: **eficiência alimentar, gado de corte, melhoramento, seleção**

Título em outra língua: **Estimates (CO) VARIANCE AND GENETIC PARAMETERS FOR RESIDUAL FEED INTAKE AND ASSOCIATED CHARACTERISTICS**

Palavras-chave em outra língua: **beef cattle, breeding, feed efficiency, selection**

Área de concentração: **Produção Animal** Data defesa: (dd/mm/aaaa) **24/05/2013**

Programa de Pós-Graduação: **Ciência Animal**

Orientador(a): **Prof. Dr. Arcadio de los Reyes Borjas** E-mail: **adreyesb@hotmail.com**

Co-orientador(1): **Prof. Dr. Emmanuel Arnhold** E-mail: **earnhold@pq.cnpq.br**

Co-orientador(2): **Prof. Dr. Breno de Faria e Vasconcelos** E-mail: **breno.ucg@gmail.com**

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

[] Capítulos. Especifique:

[] Outras restrições:

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Goânia 17 de setembro de 2013

Assinatura do(a) autor(a)

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

LORRAINE CRISTINA OLIVEIRA DE MORAIS

**ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PREDIÇÕES DE
VALORES GENÉTICOS DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL
E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA
NELORE**

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal junto à Escola de
Veterinária e Zootecnia da
Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de pesquisa:

Fatores genéticos e ambientais que
influenciam o desempenho dos animais

Orientador:

Prof. Dr. Arcadio de los Reyes Borjas – UFG

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Breno de Faria e Vasconcellos – PUC-GO

Prof. Dr. Emmanuel Arnhold – UFG-GO

GOIÂNIA

2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

M827e Morais, Lorraine Cristina Oliveira.
Estimativas de (co)variâncias e predições de valores genéticos do consumo alimentar residual e características associadas em touros da raça Nelore [manuscrito] / Lorraine Cristina Oliveira de Moraes. -2013.
64 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Arcadio de los Reyes Borjas;
Coorientadores: Prof. Dr. Bruno de Faria e Vasconcellos,
Emmanuel Arnhold.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 2013.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, tabelas, quadros e abreviaturas.

1. Bovino de corte – Eficiência alimentar. 2. Bovino de corte – Melhoramento genético. I. Título.

CDU: 636.2.085.2

Lorraine Cristina Oliveira de Moraes

Dissertação defendida e aprovada em 24/05/2013, pela Banca
Examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Arcádio de los Reyes Borjas
(ORIENTADOR (A))



Profa. Dra. Lillian Páscoa Alves- IFG/GO



Profa. Dra. Darci Silva de Oliveira Dias - DPA/EVZ/UFG

Dedico este trabalho aos meus pais, Rui e Euripa, pelo incentivo e apoio nas minhas decisões e pelo amor incondicional. Ao meu irmãozinho querido, Gabriel, por me fazer sorrir ainda mais todos os dias. Ao meu companheiro, Alexandre, pela paciência, amor e dedicação. Obrigada por sempre me apoiarem.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar concluindo mais uma etapa da minha vida com muita benção e proteção.

À minha família pela força, incentivo e amor. Por estarem sempre ao meu lado nas minhas decisões e acreditando em mim.

Aos amigos da graduação e mestrado: Itallo, Lorena, Mariana e Adriana pelo companheirismo, carinho e momentos de alegria. Gostaria de lembrar e agradecer ao Itallo por me incentivar a começar o mestrado.

Aos amigos da graduação que sempre mantiveram contato e amizade.

Ao Prof. Dr. Arcadio de los Reyes Borjas, por ser além de orientador um grande amigo. Obrigada pelos conselhos, preocupações, apoio e incentivo. Serei eternamente grata!

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Breno de Faria e Vasconcellos e Prof. Dr. Emmanuel Arnhold, pela disposição, atenção, ensinamentos e amizade.

Aos professores da pós-graduação da EVZ/UFG pelo convívio e aprendizado.

À Universidade Federal de Goiás e Escola de Veterinária e Zootecnia pela oportunidade de realização do mestrado.

À empresa Qualitas Consultoria Agropecuária Ltda. pela concessão dos dados e pela confiança.

Aos membros da Banca de Defesa, Profa. Dra. Darci Silva de Oliveira Dias e Profa. Dra. Lillian Pascoa Alves, pela presença e contribuições para a evolução do meu trabalho.

Aos funcionários da Pós Graduação, que sempre me auxiliaram com muita atenção.

À CAPES pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada a todos!

“Para realizar grandes conquistas, devemos
não apenas agir, mas também sonhar;
não apenas planejar, mas também acreditar.”

Anatole France

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte	3
2.2 Medidas de eficiência alimentar	4
2.3 Consumo alimentar residual (CAR).....	5
2.4 Bases biológicas das diferenças no CAR.....	9
2.5 Benefícios ambientais com seleção baseada no CAR	13
2.6 Limitações da utilização do CAR.....	14
2.7 Resultados obtidos na seleção baseada no CAR	15
3 OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo Geral	16
3.2 Objetivos Específicos	16
REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24

2.1 Arquivo de dados	24
2.2 Análise dos dados	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO 3 – PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS PARA O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT	38
1 INTRODUÇÃO	39
2.1 Arquivo de dados	41
2.2 Análise dos dados	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4 CONCLUSÕES	48
5 REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
FIGURA 1	Relação entre os consumos observado e estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de peso vivo médio e ganho médio diário, similares	7
FIGURA 2	Relação entre consumos observado e estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais com valores do consumo alimentar residual (CAR) extremos	8
FIGURA 3	Contribuições de mecanismos biológicos para variação do consumo alimentar residual determinado a partir de experimentos com animais selecionados divergentemente	10
CAPÍTULO 2	ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	20
FIGURA 1	Regressão do consumo de matéria seca estimado sobre o consumo observado de touros Nelore	32

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
TABELA 1	Contraste de características de novilhos de alto consumo alimentar residual (menos eficiente) e baixo consumo alimentar residual (mais eficiente)	12
CAPÍTULO 2	ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	20
TABELA 1	Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas em touros da raça Nelore	25
TABELA 2	Estimativas de variância genética aditiva (diagonal) e covariâncias (acima da diagonal) para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA)	28
TABELA 3	Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA)	30
CAPÍTULO 3	PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS PARA O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	37
TABELA 1	Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas em touros da raça Nelore	42
TABELA 2	Médias das predições de valor genético para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), peso inicial na avaliação (PINI) e peso final (PFIN) dos grupos dos animais avaliados	45

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
QUADRO 1	Registro da produção, consumo e preço da carne no Brasil ao longo dos anos	1
QUADRO 2	Exemplos de medidas de eficiência alimentar	5
CAPÍTULO 3	PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS PARA O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE	37
QUADRO 1	Predições de valor genético para consumo alimentar residual (CAR) dos animais avaliados (PBVCAR), dos seus pais (PBVCARP) e das suas mães (PBVCARM)	47

LISTA DE ABREVIATURAS

CA	conversão alimentar
CAR	consumo alimentar residual
CMS	consumo de matéria seca
DEP	diferença esperada na progênie
EA	eficiência alimentar bruta
GMD	ganho médio diário
GPR	ganho de peso residual
h^2	herdabilidade
IMS	ingestão de matéria seca
K	potássio
Kg	quilograma
MS	matéria seca
MTDFREML	Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood
N	nitrogênio
NANIM	número código animal analisado no experimento
NMAE	número código da mãe
NPAI	número código do pai
NRAE	subclasse rebanho-época-ano
P	fósforo
PBVCAR	valor genético predito para consumo alimentar residual dos animais avaliados
PBVCARM	valor genético predito para consumo alimentar residual das mães
PBVCARP	valor genético predito para consumo alimentar residual dos pais
PVMM	peso vivo médio metabólico
RK	razão de Kleiber
r_g	correlação genética
r_p	correlação fenotípica
TCR	taxa de crescimento relativo
ton	tonelada

RESUMO

Dentre várias medidas de avaliação da eficiência alimentar, o consumo alimentar residual (CAR) tem destaque por não possuir correlação com características de crescimento. Animais que apresentam CAR negativo são mais eficientes quando comparados a animais com CAR positivo em razão de consumirem menos que a quantidade predita para o mesmo ganho em peso. Selecionando animais mais eficientes, têm-se não só a redução dos custos de produção como também menor impacto ambiental por conta da diminuição de emissão de gases efeito estufa, produção de esterco e área de pastagens. Objetivou-se neste trabalho estimar (co)variâncias, parâmetros e valores genéticos do CAR e de características associadas, visando a sua inclusão em programas de melhoramento genético. Foram analisados dados de 238 touros da raça Nelore, provenientes do programa de melhoramento genético Nelore Qualitas. O aplicativo MTDFREML foi utilizado para estimar os componentes de (co)variâncias, herdabilidades e correlações genéticas e fenotípicas das características analisadas. Os valores de herdabilidade encontrados para as características foram, em geral, de moderados a baixos, provavelmente pelo pequeno tamanho amostral dos animais avaliados ($n=238$). A inclusão do efeito do grupo contemporâneo dos animais permitiu a obtenção de resultados mais consistentes das estimativas de parâmetros e predições de valores genéticos para as medidas analisadas. A comparação dos valores fenotípicos e das predições de valor genético para o CAR mostrou que o fenótipo próprio do animal é um fraco indicador do seu valor genético, principalmente em casos como este que a herdabilidade da característica analisada foi baixa ($h^2= 0,10$).

Palavras-chave: eficiência alimentar, gado de corte, melhoramento, seleção.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino comercial do mundo com cerca de 200 milhões de cabeças, composto em sua maior parte por raças zebuínas que possuem melhor adaptação ao ambiente tropical. Tendo um sistema de produção basicamente a pasto, a atividade pecuária predominante é a de gado de corte (MAPA, 2013).

Com o crescimento da população brasileira, que ocasiona demanda crescente de proteína animal, há necessidade de melhorar a eficiência econômica e produtiva do rebanho nacional. Algumas medidas vêm sendo tomadas com o objetivo de expandir ainda mais as exportações e melhor atender o mercado interno, como, por exemplo, a utilização do melhoramento genético animal.

Por meio de programas de melhoramento genético, a pecuária de corte nacional tem-se especializado para aumentar a sua produtividade, visando elevar a eficiência da produção com padronização dos animais e dos produtos derivados deles. No QUADRO 1 é mostrado o registro da produção de carne no Brasil ao longo dos anos.

QUADRO 1 - Registro da produção, consumo e preço da carne no Brasil ao longo dos anos

	Produção carne (toneladas)	Consumo (kg/pessoa/ano)	Preço da carne (US\$/ton)
Ano	1970	1970	1994
	1 845 182	17	1 800
Ano	2007	2003	2006
	9 296 700	33	1550
Mudança (%)	+500	+94	-20

Fonte: Adaptado FAO (2011)

Com o melhoramento genético é possível que haja melhorias tanto na saúde do animal (resistência às doenças e defeitos congênitos) como também melhorias na qualidade da carne e nas características de produção, como eficiência alimentar. A seleção de bovinos de corte com melhor eficiência alimentar, é sem dúvida, uma ação importante, principalmente pelo fato de diminuir os custos com alimentação que são altos dentro do sistema de produção.

Dentre as várias medidas propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, destaca-se o consumo alimentar residual (CAR), característica que permite selecionar animais de menor consumo e exigências de manutenção sem interferir no tamanho adulto (ARTHUR et al., 2001b; BASARAB et al., 2003; LANNA & ALMEIDA, 2004; RICHARDSON & HERD, 2004).

É possível reduzir os gastos com alimentação e diminuir a emissão de gases de efeito estufa selecionando animais com baixo CAR. Uma vez que, são relevantes os benefícios econômicos e ambientais obtidos com a seleção desses animais mais eficientes, tem-se aumentado o interesse e a realização de pesquisas sobre esse assunto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte

A rentabilidade do sistema de produção de bovinos de corte depende diretamente dos recursos de entrada e do produto final do processo de transformação. E dentre esses recursos de entrada, a alimentação tem o maior custo no sistema de produção animal. Cerca de 70% do total de gastos da produção são atribuídos aos alimentos fornecidos para os animais; entretanto, menos de 20% dos nutrientes consumidos são convertidos em produto final. Isto é também reconhecido pelas indústrias de suínos e aves, com a vantagem de que estas conseguem quantificar o custo com alimentação devido à facilidade de se mensurar o consumo de alimento destas espécies (HERD et al., 2003; ARTHUR et al., 2004; ROLFE et al., 2010).

Em bovinos, é difícil definir o custo proveniente da alimentação a pasto. A quantificação do consumo de matéria seca torna-se onerosa, principalmente quando comparada ao custo com mensurações de outras características, como ganho de peso e perímetro escrotal (LANNA & ALMEIDA, 2004).

Melhorar a eficiência na utilização de alimentos pelos animais é uma estratégia importante para diminuir custos de produção. A eficiência na 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 comparado ao das aves e suínos que são de 22% e 24%, respectivamente.

Sabe-se que há existência de variação individual na eficiência de utilização dos nutrientes entre animais do mesmo tipo (raça, sexo, idade) que ingerem o mesmo tipo de alimento. Porém, não são bem compreendidos os fatores que causam diferenças desta utilização (HERD et al., 2004a).

Selecionando-se animais pela eficiência alimentar é possível reduzir em 9 a 10% dos custos de manutenção do efetivo de vacas, 10 a 12% o consumo de ração, 25 a 30% a emissão de metano e 15 a 20 % a produção de dejetos sem afetar o ganho médio diário ou tamanho da vaca adulta (BASARAB et al., 2003).

A maioria dos programas de melhoramento genético para bovinos destacam a seleção de características para aumentar os lucros, como pesos em várias faixas etárias, perímetro escrotal, características de carcaça e ganho de peso diário, sem dar importância à necessidade de diminuir os custos com alimentação, que pode ser atingido com o aumento da eficiência alimentar do rebanho (LANNA & ALMEIDA, 2004).

Informações sobre o consumo de alimentos vêm sendo incluídas recentemente em projetos de seleção de bovinos de corte 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, 2004).

2.2 Medidas de eficiência alimentar

Várias medidas foram propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, como a conversão alimentar bruta, eficiência alimentar bruta, ganho de peso residual, taxa de crescimento relativo, razão de Kleiber e o consumo alimentar residual (QUADRO 2). Todas estão correlacionadas com eficiência alimentar, entretanto, diferentemente das cinco primeiras, apenas o CAR não se correlaciona com características de crescimento (ARTHUR et al., 2001a; MONTANHOLI et al., 2007).

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

Por outro lado, o consumo alimentar residual (CAR), por ser estimado em função do peso vivo médio metabólico e do ganho de peso dos animais, independe do peso e da taxa de crescimento (ARTHUR et al., 2001b; LANNA & ALMEIDA, 2004).

QUADRO 2 – Exemplos de medidas de eficiência alimentar

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR	FÓRMULA PARA CÁLCULO
Conversão Alimentar Bruta (CA)	CA= IMS/GMD
Eficiência Alimentar Bruta (EA)	EA= GMD/IMS
Ganho de Peso Residual (GPR)	$GMD_{esp} = \beta_0 + (\beta_1 * IMS) + (\beta_2 * PVMM)$ GPR= GMD_{obs} – GMD_{esp}
Taxa de Crescimento Relativo (TCR)	TRC= $\frac{100 * (\log PV_{final} - \log PV_{inicial})}{\text{dias em teste}}$
Razão de Kleiber (RK)	RK= GMD/PVMM
Consumo Alimentar Residual (CAR)	$CMS_{esp} = \beta_0 + (\beta_1 * PVMM^{0.75}) + (\beta_2 * GMD)$ CAR= CMS_{obs} – CMS_{esp}

GMD= ganho médio diário;
IMS= ingestão de matéria seca;
PVMM: peso vivo médio metabólico

2.3 Consumo alimentar residual (CAR)

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

O CAR é uma medida calculada individualmente durante um período médio de 70 dias em que os animais permanecem confinados em baias individuais (ARCHER et al., 1997). Para a raça Nelore, CASTILHOS et al. (2011) sugeriram período de 84 dias.

Deve-se incluir no cálculo do consumo alimentar residual o registro diário da quantidade de alimento que foi oferecido e recusado, além do ganho

médio de peso diário de cada um dos animais. Pois o CAR é calculado pela diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, por meio de ajustes para peso vivo médio metabólico (PVMM, $\text{kg}^{0,75}$) e taxa de ganho de peso (GMD, kg/dia). Animais com CAR negativo são mais eficientes quando comparados a 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: **CAR = Consumo Observado – Consumo Estimado ($f\{\text{PVMM}, \text{GMD}\}$)** (KOCH et al., 1963; LANNA & ALMEIDA, 2004; SAINZ et al., 2006).

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

Na FIGURA 1 observam-se dois animais que possuem peso vivo médio e ganho diário similares. Por terem o mesmo peso e o mesmo ganho, o consumo de matéria seca (CMS) estimado para os dois foi igual ($\sim 10,9\text{kg}/\text{dia}$). Porém o CMS observado foi diferente do predito, como se observa na FIGURA 2. O animal com CAR negativo (mais eficiente) teve consumo de $1,6\text{kg}/\text{dia}$ a menos que o valor predito; em contrapartida, o animal com CAR positivo (menos eficiente) consumiu $2,0\text{kg}/\text{dia}$ a mais que o predito, para o mesmo ganho de peso (LANNA & ALMEIDA, 2004).

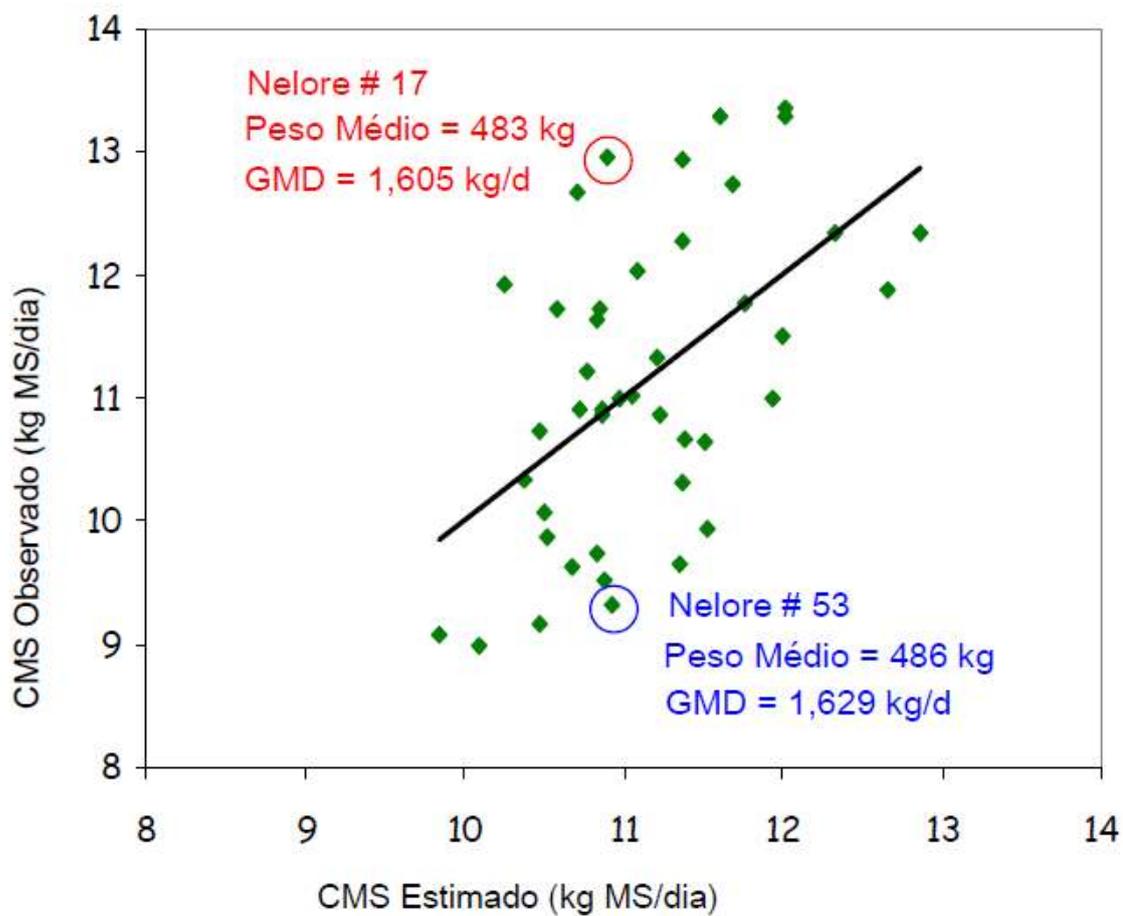


FIGURA 1 - Relação entre os consumos observado e estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de peso vivo médio e ganho médio diário, similares

Fonte: LANNA & ALMEIDA (2004)

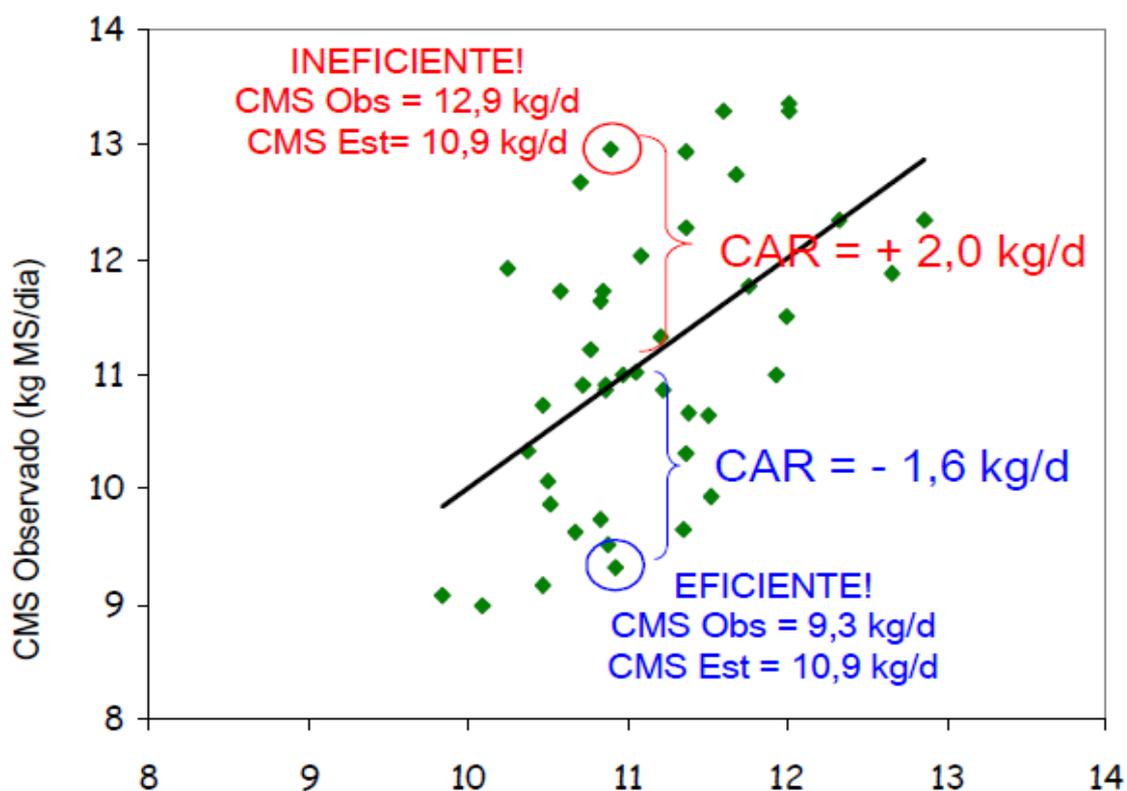


FIGURA 2 - Relação entre consumos observado e estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais com valores do consumo alimentar residual (CAR) extremos

Fonte: LANNA & ALMEIDA (2004)

Os resultados obtidos por LANNA & ALMEIDA (2004) são semelhantes aos encontrados por pesquisadores australianos em seleção para o CAR. Animais com baixo CAR tiveram menor consumo de matéria seca, 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).

Em estudos realizados por ARTHUR et al. (2001a), houve acasalamento entre fêmeas e touros de baixo CAR (mais eficientes) e entre fêmeas e touros de alto CAR (menos eficientes). As progênies foram comparadas após duas gerações. Progênies provenientes de pais com baixo CAR teve ganho de peso semelhante às progênies resultantes dos pais de alto CAR (1,44 e 1,40 kg/dia, respectivamente) e mesmo peso final (384 e 381 kg, respectivamente), porém, obteve valor mais baixo para o CAR (-0,54 e +0,70 kg/dia,

respectivamente) e menor consumo de alimento (6,6 e 7,8 kg MS/kg ganho, respectivamente). Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas de RICHARDSON et al. (2001) e RICHARDSON E HERD (2004).

Na literatura, a característica consumo alimentar residual tem moderada a alta herdabilidade, com a maior parte das estimativas publicadas variando entre 0,30 a 0,35. Portanto, é possível incluí-la em programas de melhoramento genético como critério para seleção de bovinos de corte (LANNA & ALMEIDA, 2004).

O CAR surgiu como estimativa potencial para identificar as diferenças na eficiência alimentar entre os animais avaliados. Esta medida reflete mais a variação do processo metabólico básico do que as variações devidas às diferenças no nível de produção (MONTANHOLI et al., 2007).

2.4 Bases biológicas das diferenças no CAR

A existência de variação genética do CAR permite selecionar animais mais eficientes (baixo CAR), que podem produzir progênies que comem menos, sem comprometer o desempenho e crescimento. Conseqüentemente, é possível reduzir os gastos com alimentação existentes na produção de carne. No entanto, a base biológica dessa variação genética não é completamente conhecida, por isso torna-se importante a realização de pesquisas sobre o assunto para investigar quais os mecanismos responsáveis pelas diferenças de eficiência alimentar (HERD et al., 2004a).

Sabe-se que 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 digerir a comida é incrementada, porque há mudança no tamanho dos órgãos digestivos. A quantidade de energia consumida pelos tecidos aumenta por unidade de peso do animal (HERD et al., 2004a).

Mais de dois terços da variação dos valores do CAR estão relacionados a 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, reposição de proteínas 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. 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).

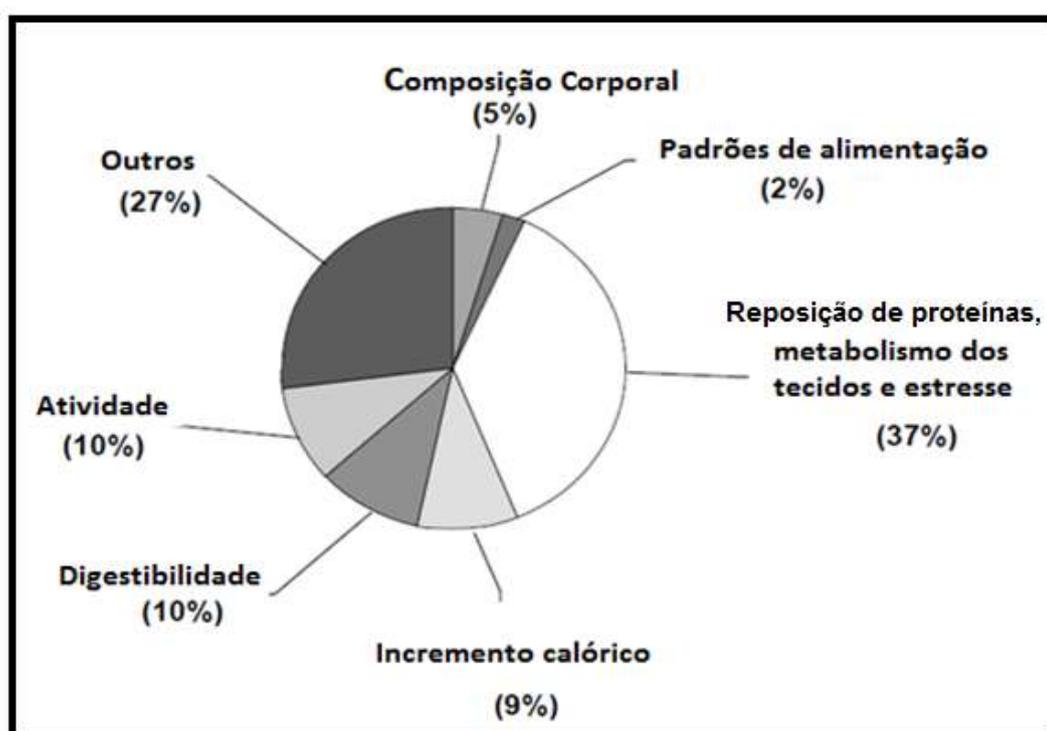


FIGURA 3 - Contribuições de mecanismos biológicos para variação do consumo alimentar residual determinado a partir de experimentos com animais selecionados divergentemente.

Fonte: RICHARDSON & HERD (2004)

A deposição do mesmo peso de proteína e gordura tem custos de energia diferentes. Há mais variação na eficiência da deposição de carne magra do que de gordura, devido ao fato de haver maior variação na reciclagem de proteínas que no ganho de gordura (HERD et al., 2004a).

Os mecanismos que estão relacionados com a variação da atividade incluem o esforço envolvido na alimentação, na ruminação e na locomoção com velocidades diferentes. A variação da produção de calor, incluindo a energia disponível para a manutenção e crescimento, ocorre como resultado das diferenças no consumo de energia associado à atividade (HERD et al., 2004a).

Como a seleção para CAR está associada com variação no consumo de alimentos, espera-se que animais que comem menos para o mesmo desempenho tenham menor gasto de energia como incremento calórico (HERD et al., 2004a). Ao avaliar a composição corporal de 175 novilhos *Bos taurus* no Canadá, BASARAB et al., (2003) encontraram que novilhos mais eficientes (CAR negativo) tiveram 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 tiveram vísceras menores do que os menos eficientes além de carcaças com menos gordura intermuscular, interna e de cobertura (TABELA 1).

O estresse contribui com a variação da eficiência alimentar em bovinos de corte. É uma resposta não específica do corpo causada por estímulos externos para superar uma demanda do ambiente e, no sistema de criação intensivo, os animais estão sujeitos a muitos estressores, o que acaba reduzindo o desempenho e a eficiência alimentar (MONTANHOLI et al., 2007). RICHARDSON et al. (2004) observaram que novilhos com baixo CAR tiveram 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 fenotípica entre o CAR e concentração de cortisol plasmático foi -0,40.

TABELA 1 - Contraste de características de novilhos de alto consumo alimentar residual (menos eficientes) e baixo consumo alimentar residual (mais eficientes)

Características	Alto CAR	Baixo CAR	P
Número de animais	43	44	-
CAR (kg/dia)	+0,69 ^a	-0,75 ^b	<0,0001
Consumo de Matéria Seca (kg/dia)	8,93 ^a	8,00 ^b	<0,0001
Peso vivo médio metabólico (kg)	94,3 ^a	93,9 ^a	0,354
Ganho médio diário (kg/dia)	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

Fonte: BASARAB et al. (2003).

GOMES et al. (2009), em estudo utilizando animais da raça Nelore submetidos a situações de estresse (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 um indicador biológico do CAR.

No entanto, há limitações com a medição de níveis hormonais em amostras de sangue, porque 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 (MONTANHOLI et al., 2007).

Tem sido dada atenção nas diferenças mitocondriais entre os animais como sendo uma explicação para a diferença de eficiência alimentar existente. Foi encontrada 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 determinadas em bovinos de baixo CAR (KERLEY, 2010). Em estudos com novilhos selecionados para o CAR, KOLATH et al. (2006) encontraram que a taxa de respiração mitocondrial foi maior nos novilhos de baixo CAR, quando comparados ao de alto CAR.

2.5 Benefícios ambientais com seleção baseada no CAR

É importante que seja reduzido o uso de recursos naturais e da emissão de gases de efeito estufa por unidade de carne produzida (BASARAB et al., 2003).

Selecionando-se animais com base no CAR, há melhora no impacto ambiental, pois se reduz a produção de gases poluentes e esterco. O protocolo de Kyoto exige estratégias para reduzir a emissão de gases de efeito estufa por países mais desenvolvidos. No entanto, não há estratégias em curto prazo para redução de emissão de metano pelos ruminantes, a não ser a redução do rebanho mundial, que é responsável por cerca de 20% da emissão de gás poluente na atmosfera (HERD et al., 2002).

Animais de baixo CAR (mais eficientes) emitem 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.

Com a seleção de animais de baixo CAR (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 o futuro do setor e está forçando mudanças importantes na organização da cadeia produtiva do gado para cumprir a legislação de proteção ambiental (FAO, 2011).

2.6 Limitações da utilização do CAR

ARCHER et al. (2002) encontraram um leve aumento no tamanho adulto depois da seleção para baixo CAR no gado Angus australiano.

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 utilizadas em programas de melhoramento genético, como o perímetro escrotal e o ganho de peso (HERD, et al., 2003; LANNA & ALMEIDA, 2004).

Um obstáculo para as pesquisas com CAR é o alto custo da mensuração do consumo real dos animais, havendo a necessidade de estudos visando a utilização de tecnologias mais avançadas que reduzam estes gastos. Uma alternativa seria a identificação de uma ou mais características que fossem correlacionadas geneticamente com o CAR e que pudessem ser utilizadas para selecionar de forma indireta os animais mais eficientes. A utilização de marcadores fenotípicos medidos a partir de uma amostra de sangue ou então marcadores moleculares para identificar animais mais eficientes são exemplos, pois além de baratearem as pesquisas, diminuem o tempo das mesmas (HERD et al., 2003).

Os programas de melhoramento genético de raças bovinas podem se beneficiar do uso de marcadores moleculares, pois seria possível detectar

diferenças na sequência de DNA, possibilitando a seleção indireta para os genes de interesse. Os animais jovens seriam selecionados logo após o nascimento de acordo com o genótipo que eles possuísem. Dessa forma, aqueles animais com maior potencial genético seriam mantidos no rebanho, e os de menor potencial genético seriam descartados, evitando gastos com a manutenção desses animais (MARTINEZ et al., 2002).

2.7 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 (2004), assumindo desvio-padrão fenotípico de 1,05kg de MS/dia, uma herdabilidade de 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. Sendo assim, a cada ano de seleção os animais consumiriam 1,3% menos de alimentos para obter 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 resultam em progênes com crescimento 19% mais rápido, sem nenhum aumento no consumo de matéria seca, com CAR 26% menor.

Estudos sobre o CAR em zebuínos ainda são recentes no Brasil e há dificuldades na comparação com resultados de outros países, pois a maioria são sobre raças taurinas. Entretanto, sabe-se que a variação fenotípica do CAR encontrada para zebuínos (0,41 a 1,05 kg de MS/dia) foi semelhante aos estudos realizados com taurinos (LANNA & ALMEIDA, 2004; GOMES, 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Objetivou-se estimar (co)variâncias e parâmetros genéticos para o consumo alimentar residual (CAR) e outras características de eficiência alimentar associadas, em machos da raça Nelore.

3.2 Objetivos Específicos

- Obter estimativas de (co)variâncias e parâmetros genéticos das características consideradas;
- Determinar fontes de variabilidade;
- Estimar componentes de (co)variâncias.
- Estimar a importância do CAR em comparação com outras medidas da eficiência alimentar;
- Determinar a associação ou inter-relacionamento do CAR com as demais medidas de eficiência alimentar;
- Predizer os valores genéticos dos animais para cada característica;
- Com os resultados, contribuir para tomada de decisões na seleção de animais utilizando o CAR;
- Publicações dos resultados.

REFERÊNCIAS

1. 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.
2. 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, 2002. p. 221-224.
3. 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, 2001a. p. 135-138.
4. ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other post weaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.2805-2811, 2001b.
5. ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M. Feed intake and efficiency in beef cattle - overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, p. 361-369, 2004.
6. ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.269-279, 2008.
7. 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.
8. CASTILHOS, A. M.; BRANCO, R. H.; RAZOOK, A. G.; BONILHA, S. F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; FIGUEIREDO, L. A. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed efficiency in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.2, p.301-307, 2011.
9. FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Biotechnologies for agricultural development [on line], 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/i2300e/i2300e00.htm>. Acesso em: 10 jan. 2013.
10. FERREL, C. L.; JENKINS, T. G. Cow type and nutritional environment nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61, p.725-741, 1985.

11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. HERD, R. M.; DICKER, R.W.; LEE, G.J. Steers growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, Collingwood, v.25, p.93-96, 2004b.
16. KERLEY, M. S. **Impact of selection for residual feed intake on forage intake by beef cows and feed efficiency of progeny**. Division of Animal Sciences, University of Missouri, 2010.
17. KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.22, p.486-494, 1963.
18. KOLATH, W. H.; KERLEY, M. S.; GOLDEN, J. W.; KEISLER, D. H. Keisler. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, p.861-865, 2006.
19. 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, 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 87-110.
20. LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção? In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2004. Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004. p.248-259.
21. MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Bovinos e Bubalinos [on line], 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>. Acesso em: 05 jan. 2013.

22. MARTINEZ, M. L.; MACHADO, M. A. Programa genoma brasileiro de bovinos e suas perspectivas de aplicações práticas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4., 2002. **Anais...**Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iv/palestras/pdfs/ivp06.pdf>>. Acesso em: 05. mai. 2013.
23. MONTANHOLI, Y. R. Genetic improvement in beef cattle for feed efficiency: increasing our understanding of the biological Basis. **Proceedings...**Beef Improvement Federation, 39 Annual Research Symposium & Annual meeting Fort Collins, Colorado. Department of Animal & Poultry Science, Guelph, 2007.
24. NKUMAH, 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.
25. OKINE, E. K.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, V. L. A.; ARTHUR P. F. Residual feed intake – What is it and how does it differ from traditional concepts of feed utilization. **Proceedings...** Saskatoon: Canadian Society of Animal Science Conference, 2003. p.10-13.
26. RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ODDY, V. H.; THOMPSON, J. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against RFI. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.1065-1072, 2001.
27. 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.
28. RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p. 441-452, 2004.
29. ROLFE, K.; NIELSEN, M. K.; FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle. **Nebraska Beef Report**, Nebraska, p. 34-35, 2010.
30. 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.

CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE

RESUMO

Dados provenientes de 238 touros da raça Nelore nascidos nos anos 2008 e 2009 foram utilizados para estimar as (co)variâncias, herdabilidades e correlações genéticas e fenotípicas para o consumo alimentar residual (CAR) e outras medidas associadas: conversão alimentar (CA), consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GMD). Valores positivos para CAR indicam animais menos eficientes do que os animais com valores negativos, que são mais eficientes. Portanto, animais com CAR negativo consomem menor quantidade de alimento que o predito para ganho de peso semelhante aos animais de CAR positivo. O aplicativo MTDFREML foi usado para a estimativa de (co)variâncias e parâmetros genéticos. Os valores de herdabilidade estimados para CAR, CMS, GMD e CA foram 0,10; 0,09; 0,36 e 0,12, respectivamente. As correlações genéticas entre CAR e as outras medidas foram de baixa a alta magnitude, sendo algumas com valores negativos: CAR x CMS= -0,28; CAR x GMD= -0,87; CAR x CA= 0,33. O CAR é uma medida com potencial para avaliar a eficiência alimentar, pois resulta independente de características de crescimento e tamanho dos animais (correlação fenotípica CAR x GMD= -0,02, valor próximo de zero).

Palavras-chave: correlação, eficiência alimentar, herdabilidade.

ABSTRACT

Data from 238 Nelore bulls born in the years 2008 and 2009 were used to estimate (co) variances, heritability and genetic and phenotypic correlations for residual feed intake (RFI) and related measures: feed conversion (FC), consumption dry matter intake (DMI) and average daily gain (ADG). Positive values indicate CAR animal less efficient than animals with negative values, they are more efficient. Therefore, animals with negative CAR consume less amount of food predicted to gain weight similar to animals CAR positive. The MTDFREML program was used to estimate (co) variances and genetic parameters. The heritability values estimated for CAR, CMS, GMD and CA were 0.10, 0.09, 0.36 and 0.12, respectively. Genetic correlations between RFI and other measures were low to high values, and some with negative values: CAR CMS \times = -0.28; CAR GMD \times = -0.87; CAR CA \times = 0.33. The CAR is a measure to evaluate the potential for feed efficiency because it results independent growth characteristics and size of the animals (CAR \times GMD Phenotypic correlation = -0.02).

Keywords: correlation, feed efficiency, heritability.

1 INTRODUÇÃO

A modernização do sistema de produção de bovinos de corte vem ocorrendo de forma gradual. Algumas medidas foram tomadas com o objetivo de expandir as exportações e melhor atender a demanda interna, como, por exemplo, a utilização do melhoramento genético animal, que tem contribuído para o crescimento da pecuária nacional (MUCARI, 2011).

O melhoramento genético de características com importância econômica em bovinos de corte depende da magnitude das variâncias e covariâncias genéticas e da herdabilidade das características a serem consideradas na seleção. Além disso, estimativas de parâmetros genéticos devem ser obtidas, pois permitem prever as respostas diretas e correlacionadas à seleção, assim como a predição dos valores genéticos dos animais avaliados.

A eficiência alimentar, conversão alimentar e o consumo alimentar residual podem ser entendidos e explicados por meio de conhecimentos na área da nutrição, mas é importante estimar os parâmetros genéticos dessas medidas para podermos realizar a seleção de forma mais precisa (KELLEY, 2006).

Sabe-se que uma significativa parcela dos custos no sistema de produção animal se deve à alimentação e, uma maneira de atenuar essa situação seria aumentar a eficiência alimentar dos animais, por meio da seleção. O consumo alimentar residual (CAR) inicialmente proposto por KOCH et al. (1963), surge como uma alternativa para seleção de animais mais eficientes, pois é uma medida de eficiência alimentar que ao contrário das outras (conversão alimentar, eficiência alimentar bruta) não está correlacionada com características de crescimento.

O CAR é calculado individualmente pela diferença entre o consumo alimentar observado (CA, kg/dia) e o consumo estimado para o animal, com ajustes para peso vivo médio metabólico (PVMM, kg^{0,75}) e taxa de ganho de peso (GMD, kg/dia). O consumo alimentar estimado pode ser obtido como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1(PVMM^{0.75}) + \beta_2(GMD)$$

Em que Y é consumo diário de ração, β_0 é o intercepto, β_1 é o coeficiente de regressão parcial de Y no peso vivo médio metabólico e β_2 é o coeficiente de regressão parcial de Y no ganho médio diário.

Assim, animais com valores negativos para o consumo alimentar residual (baixo CAR) são mais eficientes se comparados a animais com consumo alimentar residual positivo (alto CAR), em razão de consumirem menos que a quantidade predita para um mesmo ganho de peso (SAINZ, 2006).

Objetivou-se estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos do CAR e outras medidas de eficiência alimentar, em touros da raça Nelore, visando a utilização deste caráter em programas de melhoramento genético animal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Arquivo de dados

Os dados analisados são provenientes do estudo realizado no Confinamento Experimental de Touros, localizado na Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (EVZ-UFG), nos períodos de agosto a novembro de 2010 e maio a agosto de 2011.

Nestes dois anos, foram avaliados 238 touros da raça Nelore com idade aproximada de 22 meses e peso em torno de 420 kg, provenientes de fazendas participantes do Programa de Melhoramento Genético Nelore Qualitas.

Os animais foram confinados, em média, por 105 dias em baias individuais, sem cobertura e piso de chão batido. Foi fornecida água a vontade em bebedouros com boias e alimento à disposição em comedouros de concreto individual.

Após a entrada no confinamento, os animais passaram um período de 28 dias de adaptação à dieta e ao local. Foi fornecida ração duas vezes ao dia (período da manhã e da tarde), *ad libitum*. O consumo de alimento foi controlado diariamente. As sobras dos cochos foram recolhidas todos os dias antes do fornecimento da ração, sendo realizada a pesagem destas sobras para determinar o consumo de alimento.

A empresa Nelore Qualitas em parceria com a EVZ-UFG, forneceu dados referentes à genealogia, características e desempenhos dos animais avaliados para realização deste estudo. Em relação ao pedigree, todos os ancestrais conhecidos foram incluídos a fim de elevar a acurácia das estimativas a serem obtidas.

A data de nascimento foi disponibilizada apenas para animais participantes das avaliações. Dada a necessidade de ordem cronológica dos animais na genealogia para definir uma idade fictícia, foi subtraído o tempo de três anos a cada geração anterior, e dessa forma foi estabelecida a ordem cronológica. Portanto, o arquivo final de genealogia conteve 1284 animais diferentes. Deste total de animais, 66 eram consanguíneos e, portanto, o coeficiente de endogamia obtido foi de 0,037.

Animais oriundos da mesma fazenda, ano e trimestre de nascimento compuseram os grupos contemporâneos, que constituíram o efeito fixo incluído nos modelos de análise, representados pela sigla NRAE (subclasse rebanho-ano-época).

As características vinculadas à eficiência de utilização alimentar foram: consumo alimentar residual (CAR), conversão alimentar (CA), ganho médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS).

Realizou-se a análise inicial dos dados coletados utilizando o procedimento GLM (SAS, 2002) para verificar a importância relativa de efeitos testados e suas interações sobre as características estudadas. Na TABELA 1 é mostrada a média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas.

TABELA 1 - Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas em touros da raça Nelore

Características	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CAR (kg/dia)	0.238	0.855	-2.262	2.213
CMS (kg/dia)	10.007	1.146	7.077	13.259
GMD (kg/dia)	1.528	0.364	0.5430	2.417
CA (kg MS/ kg ganho)	7.706	2.764	4.002	24.941

2.2 Análise dos dados

As características foram analisadas inicialmente de forma individual (análise unicaráter) e posteriormente foram associadas à outra característica (análise bicaráter). O modelo estatístico utilizado para estimar os componentes de (co)variâncias para cada caráter, conforme HENDERSON (1984) em notação matricial, pode ser descrito como:

$$Y = X\beta + Za + e$$

Em que, Y é o vetor das observações (GMD, CMS, CAR, CA); X e Z são matrizes de incidência que relacionam os efeitos dos vetores β (grupos contemporâneos) e a (valor genético aditivo) com as observações Y ; e e é o vetor dos efeitos aleatórios residuais associados com cada observação. Com valores esperados:

$$E[Y] = X\beta, \text{ e } E[a] = E[e] = 0,$$

O aplicativo MTDFREML (*Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood*) foi utilizado para estimar as (co)variâncias e parâmetros genéticos das características consideradas por meio de máxima verossimilhança restrita (BOLDMAN et al., 1995). O critério de convergência utilizado foi de 10^{-9} e, a cada convergência, o programa foi reiniciado, utilizando como valores iniciais os obtidos na análise previa.

As análises individuais de cada característica foram realizadas com o intuito de estimar os componentes de variâncias e herdabilidade do CAR, CMS, GMD e CA. As análises feitas em conjunto, serviram para estimar tanto as covariâncias quanto as correlações genéticas e fenotípicas entre estas características.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média obtida do consumo de matéria seca (CMS) dos animais avaliados foi de 10,01 kg/dia, com desvio-padrão de 1,15 kg (TABELA 1). Estes resultados são semelhantes aos encontrados na literatura. NKRUMAH et al. (2004) em estudos com 150 animais encontraram valor médio para CMS de 10,29 kg com desvio-padrão de 1,62 kg. Semelhantemente, LANCASTER et al. (2005) reportam valor de 9,29 kg/dia de média e 1,23 de desvio-padrão. Já MAGNANI et al. (2010), obtiveram média de 6,64 kg/dia, ao avaliar 64 novilhas da raça Nelore.

Em estudos realizados por SNELLING et al. (2010) e LANCASTER et al. (2005) foi encontrada média para o ganho médio diário (GMD) de 1,59 kg/dia. ARTHUR et al. (2001b) obteve média de 1,52 kg/dia. Estes valores são semelhantes ao apresentado neste estudo na TABELA 1 (1,53 kg/dia). Entretanto, menores médias para GMD foram obtidos por MAGNANI et al. (2010) e SOBRINHO et al. (2011), 0,73 kg/dia e 0,83 kg/dia, respectivamente.

Médias para a característica conversão alimentar (CA) obtidas neste estudo (7,71 kg MS/kg ganho) são próximas às obtidas por outros pesquisadores: 7,27 kg MS/ kg ganho por NKRUMAH et al. (2004); 7,25 kg MS/kg ganho por ARHTUR et al. (2001b) e 7,62 kg MS/kg ganho por SOBRINHO et al. (2011). MAGNANI et al. (2010) encontrou valor um pouco maior (9,5 kg MS/kg ganho) em estudos com novilhas Nelore.

O valor da média obtida para a característica CAR foi de 0,24 kg/dia, com valores mínimo e máximo de -2,26 e 2,21, respectivamente, e desvio-padrão de 0,86. Estes valores confirmam a existência da variabilidade fenotípica desta característica entre os animais avaliados. NKRUMAH et al. (2004) relatam semelhantes desvio-padrão (0,83 kg/dia) e amplitude (-2,25 a 2,61 kg/dia). Valores próximos foram mencionados por BONIN et al. (2008), que encontraram desvio-padrão de 0,69 em estudos com 30 animais Nelore Mocho. ARTHUR et al. (2001b) em experimento realizado com touros jovens da raça Charolês, obtiveram desvio-padrão de aproximadamente 0,76. LANNA & ALMEIDA (2004) encontraram valor de desvio-padrão para CAR ainda maior (1,05 kg/dia). Em contrapartida, menores valores de desvio-padrão foram descritos em estudos realizados por SOBRINHO et al. (2011) com 121 animais da raça Nelore (0,313

kg/dia) e LANCASTER et al. (2005) com touros das raças Angus e Brangus (0,48 kg/dia). Esta menor variabilidade pode estar associada com homogeneidade da amostra e mesma origem dos animais.

As variâncias genéticas aditiva das características analisadas foram em geral de baixa magnitude (TABELA 2), provavelmente pelo fato de ser pequeno o tamanho amostral dos animais que participaram do experimento. Além disso, foram utilizados os melhores animais das safras de 2008 e 2009, ou seja, os animais foram selecionados anteriormente. Variância genética baixa é desvantagem em programas de melhoramento animal, pois se tem menor resposta à seleção. A medida conversão alimentar (CA) foi a que apresentou maior variância genética aditiva (0,43).

TABELA 2 - Estimativas de variância genética aditiva (diagonal) e covariâncias (acima da diagonal) para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA).

Característica	CAR	CMS	GMD	CA
CAR	0,07	0,76	-0,04	0,06
CMS		0,10	0,03	0,04
GMD			0,03	-
CA				0,43

Estimativas de herdabilidade do CAR em raças zebuínas são escassas na literatura. Entretanto, espera-se que esses valores sejam próximos aos encontrados em raças europeias. As herdabilidades estimadas para as características analisadas foram de baixa a moderada magnitude (TABELA 3), no entanto, a inclusão destas características como critério de seleção em programas de melhoramento genético animal podem gerar resposta à seleção.

O valor de herdabilidade foi maior para GMD (0,36) em comparação às outras medidas, como CMS ($h^2= 0.09$) e CAR ($h^2= 0,10$). A herdabilidade estimada para GMD foi semelhante aos valores encontrados na literatura, que variam de 0,26 a 0,38. Em contrapartida, a herdabilidade estimada para o CMS foi diferente das citadas por alguns autores, que relataram valores entre 0,22 e 0,40

(HERD & BISHOP, 2000; CROWLEY et al., 2009; ROLFE et al., 2010; SNELLING et al., 2010).

Os primeiros valores calculados para o CAR dos animais avaliados, não levaram em consideração o efeito do grupo contemporâneo de origem dos animais, e isto determinou estimativas da variância genética aditiva, e consequentemente da herdabilidade de praticamente zero. Em novas análises incluindo no modelo a subclasse rebanho-ano-epoca de nascimento dos animais (NRAE), foram obtidos resultados mais consistentes, sendo a herdabilidade estimada para o CAR de 0,10.

Em geral, os valores de herdabilidade encontrados para o CAR são de baixos a moderados. Em estudos realizados por HERD & BISHOP (2000) com 540 animais, o valor encontrado para herdabilidade foi de $0,16 \pm 0,08$. KOCH et al. (1963) avaliando 1324 animais, estimaram herdabilidade de 0,28. ARTHUR et al. (2001a), em estudo com 1.180 animais, encontraram herdabilidade de 0,39. Entretanto, outros dois pesquisadores estimaram alta herdabilidade para o CAR, 0,43 (ARTHUR et al., 2001b) e 0,46 (ROLFE et al., 2010) avaliando 1.302 e 998 animais, respectivamente. Provavelmente o pequeno tamanho da amostra estudada (238 animais) tenha influenciado no baixo valor estimado para a herdabilidade do CAR.

As estimativas de correlação genética encontradas entre as características estudadas são mostradas na TABELA 3. A correlação genética estimada entre CAR e CMS foi negativa ($r_g = -0,28$). ROLFE et al. (2010) em estudos com 998 animais, relata valor aproximado ($r_g = -0,16$). Entretanto, na literatura há relatos de correlações genéticas diferentes, que na maioria das vezes são altas e positivas, variando entre 0,59 e 0,66 (LANCASTER et al., 2005; SNELLING et al. (2010)). A correlação fenotípica entre CAR e CMS foi elevada, com valor de 0,79. LANCASTER et al. (2005) e SNELLING et al. (2010) também encontraram alta correlação fenotípica entre CAR e CMS (0,59 e 0,61, respectivamente). Portanto, os animais que são mais eficientes (baixo CAR), fazem menor ingestão de alimentos do que os ineficientes (alto CAR).

Em estudos de HERD et al. (2003), em que 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 consumo de

matéria seca, 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 consumo de matéria seca. A correlação do CAR na desmama com o CAR dos animais já adultos foi alta (0,98), portanto a seleção para baixo CAR na desmama resulta em animais mais eficientes na maturidade.

TABELA 3 - Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA)

Característica	CAR	CMS	GMD	CA
CAR	0,10	-0,28	-0,87	0,33
CMS	0,79	0,09	0,03	0,20
GMD	-0,02	0,51	0,36	-
CA	0,39	0,1	-	0,12

Correlação genética negativa e de alta magnitude foi encontrada para CAR e GMD ($r_g = -0,87$). Este valor é diferente dos encontrados na literatura, provavelmente pelo reduzido tamanho amostral estudado. HERD & BISHOP (2000), ARTHUR et al. (2001b) e ROLFE et al. (2010), encontraram correlação genética entre CAR e GMD igual a 0,09, -0,54 e -0,16, respectivamente. Em relação à correlação fenotípica, o valor estimado também foi negativo ($r_p = -0,02$), mas próximo a zero. Este mesmo valor foi reportado por LANCASTER et al. (2005). Entretanto, ARTHUR et al. (2001a) estimaram valor de -0,06 em experimento com animais da raça Angus. HERD & BISHOP (2000), obtiveram resultados semelhantes ($r_p = -0,01$), assim como ROLFE et al. (2010) e SNELLING et al. (2010), que não encontraram nenhuma correlação fenotípica entre CAR e GMD ($r_p = 0,0$). Portanto, pode-se afirmar que realmente existe independência entre os valores fenotípicos do CAR e GMD.

Animais com baixo CAR são mais eficientes em termos de conversão de alimentos por unidade de crescimento. O CAR está relacionado, tanto fenotipicamente (0,39) como geneticamente (0,33) à conversão alimentar (CA).

Segundo resultados da literatura, as correlações fenotípicas e genéticas encontradas entre CAR e CA foram de 0,41 a 0,61 e de 0,48 a 0,70, respectivamente (HERD & BISHOP, 2000, ARTHUR et al., 2001a; LANCASTER et al., 2005 e CROWLEY et al., 2009). Assim, cabe esperar que a seleção de animais segundo o CAR determine melhoria da CA e também da eficiência alimentar (EA).

As correlações genéticas e fenotípicas estimadas entre GMD e CMS foram positivas, com valores iguais a 0,03 e 0,51, respectivamente. ROLFE et al. (2010) e CREWS et al. (2010) encontraram diferentes valores para a correlação genética ($r_g=0,51$ a $0,60$). Entretanto, $r_g=0,51$ reportaram semelhante correlação fenotípica ($r_p=0,66$), assim como LANCASTER et al. (2005) que estimou valor igual a 0,61.

A distribuição do CMS estimado e observado está representada na FIGURA 1. Os animais que tiveram menor consumo observado em relação ao consumo estimado são os mais eficientes (baixo CAR) e estão posicionados abaixo da reta, enquanto que os animais localizados acima da reta são os menos eficientes (alto CAR), ou seja, aqueles que comeram mais que a quantidade predita para obter mesmo desempenho. A relação entre o consumo observado e o consumo estimado apresentou coeficiente de determinação do $R^2= 0,45$.

A maior parte da variabilidade não tem a ver com a função de regressão, mas sim com as diferenças entre os indivíduos que por sua vez, não estão relacionadas apenas com seu consumo e sua eficiência. Se ao realizar os cálculos para estimar o CAR, ignorarmos essa ideia estaremos considerando que toda a variabilidade existente está atribuída às diferenças individuais, o que não é verdade. Quando não se incluiu o efeito do grupo contemporâneo (NRAE) para realizar o cálculo do CAR, o valor do R^2 obtido foi de 0,449991 e com a inclusão do NRAE no modelo, o valor do R^2 subiu para 0,534324.

O consumo alimentar residual, em comparação às demais medidas de eficiência alimentar, apresenta grande potencial na eficiência produtiva por ser independente do crescimento e tamanho dos animais (SOBRINHO et.al., 2011).

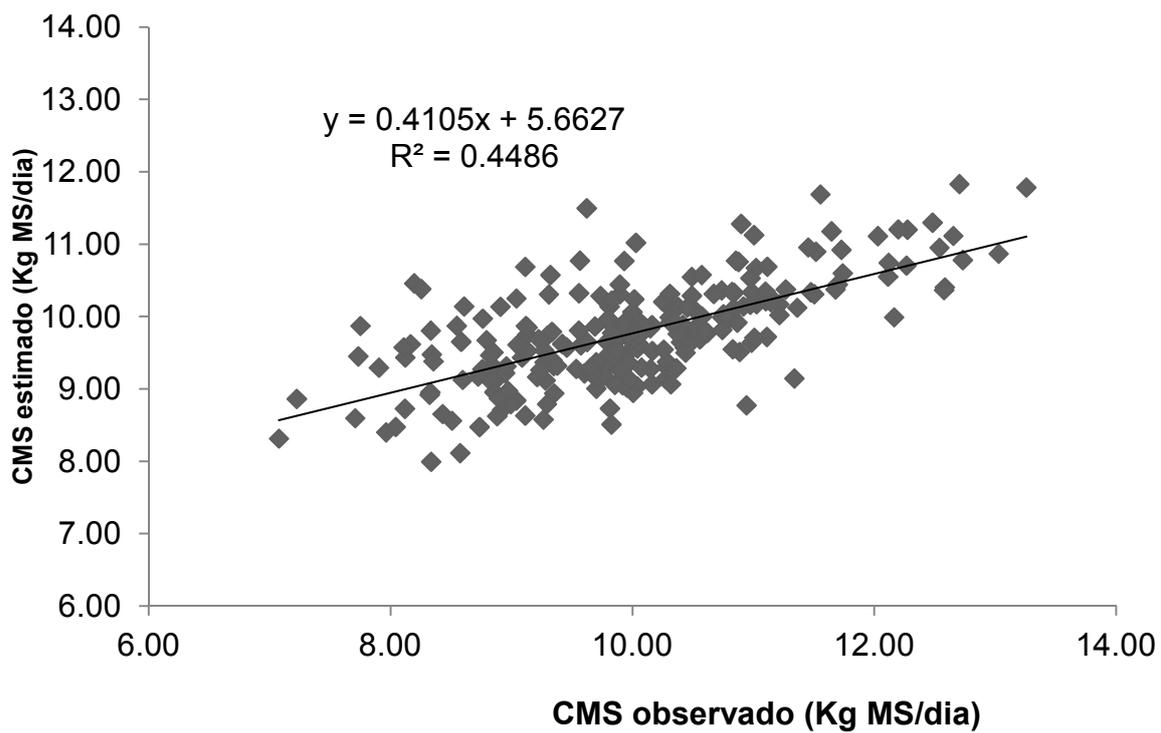


FIGURA 1 – Regressão do consumo de matéria seca estimado sobre o consumo observado de touros Nelore.

4 CONCLUSÕES

A inclusão do consumo alimentar residual (CAR) na seleção de animais mais eficientes é uma estratégia para aumentar os lucros da atividade pecuária. Com a identificação dos animais com baixo CAR, podemos reduzir os gastos com alimentação e aumentar a eficiência da produção da carne sem interferir no crescimento e tamanho adulto do animal, pois a correlação fenotípica entre CAR e GMD foi baixa (-0,02).

Como o CAR não é uma medida realizada no indivíduo, e sim uma estimativa com base no consumo teórico do animal, o cálculo correto desta característica depende do modelo utilizado e a inclusão do grupo contemporâneo permitiu a obtenção de resultados mais acurados.

Apesar da herdabilidade estimada para o CAR ter sido baixa ($h^2=0,10$), podemos considerar a viabilidade da utilização desta característica para aumentar a eficiência das gerações seguintes.

REFERÊNCIAS

1. ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. 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, p.2805-2811, 2001a.
2. 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**, Amsterdam, v. 68, n. 2-3, p. 131-139, 2001b.
3. BOLDMAN, K.; KRIESE, L.; VAN VLECK, L. D. **A manual for use of MTDFREML: A set of programs to obtain estimatives of variances and covariances.** USDA. ARS., 1995.
4. BONIN, M. N.; DEMARCHI, J. J. A. A.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; MANELLA, M. Q.; PEREIRA, E. S. Avaliação do consumo alimentar residual em touros jovens da raça Nelore Mocho em prova de desempenho animal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.30, n.4, p. 425- 433, 2008.
5. CROWLEY, J.J.; MCGEE, M.; KENNY, D. A.; CREWS-JR, D. H.; EVANS, R. D., BERRY, D. P. 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, p.885-894, 2009.
6. CREWS-JR, D. H.; PENDLEY, C. T.; CARTENS, G. E. MENDES, E. D. M. Genetic evaluation of feed intake and utilization traits of beef bulls. **Proceedings... 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Leipzig, Germany. August 1-6, 2010. CD-ROM Communication 0285.
7. 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.
8. 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.
9. HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding.** Ontario: University of Guelph, p.462, 1984.
10. KELLEY, L. A. **The relationship of genetics and nutrition and their influence on animal performance.** In: 'Proceedings of the Beef Improvement Federation - 38th Annual Research Symposium and Annual Meeting' (Pearl River Resort, Choctaw, Mississippi) 2006; p.84-90.

11. KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.22, p.486-494, 1963.
12. LANCASTER, P. A.; CARTENS, G. E.; CREWS, D. H.; WOODS, S. A. Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass estimates. **American Society of Animal Science**, Champaign, v.56, p.461-464, 2005.
13. LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção? In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2004. Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004. p.248-259.
14. MAGNANI, E.; BRANCO, R. H.; BONILHA, S. F. M.; PINHEIRO, T. R.; MERCADANTE, M. E. Z.; CYRILLO, J. N. S. G. Relações entre consumo alimentar residual, desempenho e medidas de eficiência alimentar em novilhas Nelore. 47^a reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, salvador BA – ufba, 27 a 30 de julho de 2010.
15. MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; REYES, A. Parámetros para características de crescimento em cebuínos de carne. **Archivo Latinoamericanos de Producción Animal**. Mayaguez, v. 3, p. 45-89, 1995.
16. MEYER, K. Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. **Genetic Selection Evolution**, v.23, p. 67-83, 1991.
17. MUCARI, T. B.; ALENCAR, M. M.; BARBOSA, P. F.; BARBOSA, R. T. Análise genética do período de gestação em animais de um rebanho Canchim: estimação de parâmetros genéticos e escolha entre modelos animais alternativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1211-1216, 2011.
18. NKUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S. S. Different measures of energetic and their phenotypic relationship with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.2451-2459, 2004.
19. ROLFE, K.; NIELSEN, M. K.; FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Genetic and Phenotypic Parameter Estimates for Feed Intake and Other Traits in Growing Beef Cattle. **Nebraska Beef Report**, Nebraska, p. 34-35, 2010.
20. 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.
21. SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System User's Guide**: Stat, Cary: Sas Institute Inc., 2002.

22. SNELLING, W.; ROLFE, K.; NIELSEN, M.; FREETLY, H. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle. **Proceedings...** 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig, Germany. August 1-6, 2010. CD-ROM Communication 0285.

23. 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.

CAPÍTULO 3 – PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS PARA O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE

RESUMO

Dados provenientes de 238 touros da raça Nelore nascidos nos anos 2008 e 2009 foram utilizados para predição de valores genéticos para o consumo alimentar residual (CAR) e outras medidas associadas: conversão alimentar (CA), consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GMD). A inclusão do efeito do grupo contemporâneo no modelo animal permitiu a obtenção de resultados mais acurados das estimativas de parâmetros e predições de valores genéticos. Os animais avaliados foram subdivididos em três grupos: baixo (78 animais), médio (78 animais) e alto CAR (80 animais). Dentre as medidas analisadas, o valor genético predito para CMS foi o que mais variou entre os grupos (VG= 9,011, no grupo de baixo CAR e VG= 11,023, no grupo de alto CAR). A comparação dos valores fenotípicos e das predições de valor genético para o CAR mostrou que houve diferença entre esses valores, e que o fenótipo próprio do animal é um péssimo indicador do seu valor genético.

Palavras-chave: acurácia, correlação, herdabilidade.

ABSTRACT

Data from 238 Nelore bulls born in the years 2008 and 2009 were used to predict breeding values for residual feed intake (RFI) and related measures: feed conversion (FC), dry matter intake (DMI) and average gain daily (GMD). The inclusion of the effect of contemporary group in the animal model allowed to obtain more accurate results of the parameter estimates and predictions of genetic values. The animals studied were divided into three groups: low (78 animals), medium (78 animals) and high RFI (80 animals). Among the measures analyzed, the genetic value predicted for CMS was the most varied between groups (VG = 9.011, in the group of low CAR and VG = 11,023, the group of high RFI). The comparison of phenotypic and genetic value predictions for CAR showed that there were differences between these values, and that the phenotype of the animal itself is a poor indicator of their genetic value.

Keywords: accuracy, correlation, heritability.

1 INTRODUÇÃO

Há variabilidade genética dentro de uma população se nela existir diferentes genótipos entre os indivíduos. A idéia de determinar o mérito dos animais reprodutores através do critério ou índice de seleção surgiu junto com o sistema de criação dos mesmos (HAZEL, 1943).

Com exceção daquelas características que são controladas por poucos pares de genes (qualitativas), os genótipos dos animais são estimados com base nas expressões fenotípicas, pois se acredita que por trás dos melhores fenótipos estão os melhores genótipos, o que na maioria das vezes não é verdade. Para que ocorram avaliação e comparação do desempenho fenotípico dos animais de forma justa, eles devem ser analisados em similares condições de alimentação e manejo e ter o mesmo sexo, idade e estação de nascimento. Portanto, torna-se necessária a formação de grupos contemporâneos (KINGHOR et al. 2006).

O valor genotípico corresponde ao valor do genótipo do próprio animal, e apenas no próprio animal ele é expresso em sua magnitude. Por outro lado, o valor genético corresponde ao efeito genético aditivo 'transmitido' do reprodutor à sua progênie. Portanto, o valor genético de um animal será correspondente ao resultado da sua expressão gênica dentro de uma população, somando os efeitos individuais dos genes. Geralmente, o valor genético obtido nas avaliações corresponde à relação de um animal a uma média geral, podendo-se obter para estes animais valores positivos (superiores) ou negativos (inferiores). Além disso, o valor genético é igual ao dobro do desvio médio da progênie em relação à média da população (KINGHOR et al. 2006).

Não se determina o valor econômico de um animal por uma característica isolada, deve-se considerar o conjunto de todas as características de interesse econômico. Poucas ou várias características influenciam o valor de um animal, embora seja em diferentes graus. Algumas informações são provenientes de familiares do animal e outras do desempenho do próprio animal, como no caso de características que se expressam apenas uma vez em toda a vida do animal ou então de forma repetida (HAZEL, 1943; GARNERO et al., 2002).

Objetivou-se neste estudo predizer os valores genéticos para o consumo alimentar residual e outras características associadas, em touros da raça Nelore avaliados em confinamento experimental.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Arquivo de dados

Os dados analisados são provenientes do estudo realizado no Confinamento Experimental de Touros, localizado na Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (EVZ-UFG), nos períodos de agosto a novembro de 2010 e maio a agosto de 2011.

Nestes dois anos, foram avaliados 238 touros da raça Nelore com idade aproximada de 22 meses e peso em torno de 420 kg, provenientes de fazendas participantes do Programa de Melhoramento Genético Nelore Qualitas.

Os animais foram confinados, em média, por 105 dias em baias individuais com água a vontade e alimento à disposição, em comedouros individuais, sem cobertura e construção de concreto, com bebedouros com boias e piso de chão batido.

Após a entrada no confinamento, os animais passaram um período de adaptação à dieta e ao local. Foi fornecida ração duas vezes ao dia (período da manhã e da tarde), *ad libitum*. O consumo de alimento foi controlado diariamente. As sobras dos cochos foram recolhidas todos os dias antes do fornecimento da ração, sendo realizada a pesagem destas sobras para determinar o consumo de alimento.

A empresa Nelore Qualitas em parceria com a EVZ-UFG, forneceu dados referentes à genealogia, características e desempenhos dos animais avaliados para realização deste estudo. Em relação ao pedigree, todos os ancestrais conhecidos foram incluídos a fim de elevar a acurácia das estimativas a serem obtidas.

A data de nascimento foi disponível apenas para animais participantes das avaliações. Dada a necessidade de ordem cronológica dos animais na genealogia, para definir uma idade fictícia foi subtraído o tempo de três anos a cada geração anterior, e dessa forma foi estabelecida a ordem cronológica. Portanto, o arquivo final de genealogia conteve 1284 animais diferentes. Deste total de animais, 66 eram consanguíneos e, portanto, o coeficiente de endogamia obtido foi de 0.037.

Animais oriundos da mesma fazenda, ano e trimestre de nascimento compuseram os grupos contemporâneos, que constituíram o efeito fixo incluído nos modelos de análise, representados pela sigla NRAE (subclasse rebanho-ano-época).

As características vinculadas à eficiência de utilização alimentar foram: consumo alimentar residual (CAR), conversão alimentar (CA), ganho médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS).

Realizou-se a análise inicial dos dados coletados utilizando o procedimento GLM (SAS, 2002) para verificar a importância relativa de efeitos testados e suas interações sobre as características estudadas. Na TABELA 1 é mostrada a média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas.

TABELA 1 - Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo das características analisadas em touros da raça Nelore

Características	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CAR (kg/dia)	0.238	0.855	-2.262	2.213
CMS (kg/dia)	10.007	1.146	7.077	13.259
GMD (kg/dia)	1.528	0.364	0.5430	2.417
CA (kg MS/ kg ganho)	7.706	2.764	4.002	24.941

2.2 Análise dos dados

As características foram analisadas inicialmente de forma individual (análise unicaráter) e posteriormente foram associadas à outra característica (análise bicaráter). O modelo estatístico utilizado para estimar os componentes de (co)variâncias para cada caráter, conforme HENDERSON (1984) em notação matricial, pode ser descrito como:

$$Y = X\beta + Za + e$$

Em que, Y é o vetor das observações (GMD, CMS, CAR, CA); X e Z são matrizes de incidência que relacionam os efeitos dos vetores β (grupos contemporâneos) e a (valor genético aditivo) com as observações Y ; e e é o vetor dos efeitos aleatórios residuais associados com cada observação. Com valores esperados:

$$E[Y] = X\beta, \text{ e } E[a] = E[e] = 0,$$

O aplicativo MTDFREML (*Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood*) foi utilizado para estimar as (co)variâncias e parâmetros genéticos das características consideradas por meio de máxima verossimilhança restrita (BOLDMAN et al., 1995). O critério de convergência utilizado foi de 10^{-9} e, a cada convergência, o programa foi reiniciado, utilizando como valores iniciais os obtidos na análise previa.

As análises individuais de cada característica foram realizadas com o intuito de estimar os componentes de variâncias e herdabilidade do CAR, CMS, GMD e CA. As análises feitas em conjunto, serviram para estimar tanto as covariâncias quanto as correlações genéticas e fenotípicas entre estas características.

As predições dos valores genéticos dos animais avaliados e de seus pais foram obtidas através do aplicativo MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995), utilizando como base, os valores obtidos para o CAR.

Os 238 touros avaliados no confinamento experimental foram subdivididos, de acordo com a média do seu valor genético predito, em três grupos distintos: baixo, médio e alto CAR. O grupo de animais de baixo CAR foi composto por 78 animais, o de médio CAR por 80 animais e, os outros 80 touros fizeram parte do grupo de alto CAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 2 são apresentadas as médias dos valores genéticos diretos preditos para as características de produção dos animais analisados, que foram divididos em três grupos distintos: baixo, médio e alto CAR. Animais mais eficientes e que tiveram valores genéticos preditos negativos para CAR, foram incluídos no grupo “baixo CAR”. Os que tiveram eficiência moderada, ou seja, valores genéticos preditos para CAR próximos a zero, fizeram parte do grupo “médio CAR”. E os animais com baixa eficiência e alto valor genético predito para CAR, pertenceram ao grupo alto CAR.

Dentre as características analisadas, o CMS foi o que mais variou entre os grupos de CAR. Os indivíduos de baixo CAR tiveram a menor média de valor genético predito pra CMS (9,01). O CMS aumentou gradativamente nos grupos de médio e alto CAR porque à medida que se tem maiores valores para CAR, têm-se animais menos eficientes e que necessitam de maior consumo de alimento para determinado ganho de peso. O GMD e a CA seguiram a mesma tendência do CMS, mas com pequenas diferenças nas médias dos valores genéticos preditos entre os grupos.

Em relação aos valores genéticos médios preditos para peso inicial (PINI) e peso final (PFIN), não houve associação destas características com os três diferentes grupos de CAR.

TABELA 2 – Médias das predições de valor genético para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), peso inicial na avaliação (PINI) e peso final (PFIN) dos grupos dos animais avaliados

Característica	GRUPOS CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)					
	BAIXO (n ¹ =78)		MÉDIO (n ¹ =80)		ALTO (n ¹ =80)	
	Média	DP ²	Média	DP ²	Média	DP ²
CAR	-0,730	0,557	0,318	0,192	1,097	0,408
CMS	9,011	0,815	9,962	0,671	11,023	0,904
GMD	1,488	0,362	1,490	0,347	1,605	0,373
CA	7,516	2,351	7,629	2,581	7,968	3,280
PINI	425,718	47,223	413,469	43,985	417,100	41,345
PFIN	537,276	40,791	531,675	38,072	544,606	41,903

¹ n= número de animais no grupo

² DP= desvio padrão

No primeiro cálculo realizado para estimar o CAR dos indivíduos submetidos ao teste no confinamento experimental, não foi levado em consideração nenhuma informação das suas genealogias.

Quando avaliamos apenas pelo fenótipo próprio do indivíduo cometemos maior erro maior na seleção e com acurácia muito menor do que quando levamos em consideração todo o parentesco dos indivíduos e avaliamos como modelo animal. Levando em conta, inclusive, os efeitos ambientais que estariam influenciando.

Para evitar tal erro, tomamos como base os valores calculados para CAR para prever o valor genético dos animais avaliados e dos seus pais. Dessa forma, obtivemos uma genealogia mais completa e mais acurada, pois levamos em conta não só o indivíduo, como também os valores genéticos dos meios-irmãos que igualmente passaram pelo teste.

A herdabilidade estimada para o CAR foi baixa ($h^2=0,10$), portanto seria desvantajoso selecionar simplesmente pelo fenótipo próprio dos animais avaliados. Além disso, teríamos uma acurácia muito baixa e próxima a zero. Portanto, incorporamos a genealogia desses animais na análise genética, com o objetivo de elevar a acurácia e favorecer a seleção.

No QUADRO 1 são apresentados os valores genéticos preditos para CAR dos indivíduos avaliados e dos seus pais. É possível notar que há diferença no valor fenotípico próprio do animal para o CAR e o valor genético direto predito para o mesmo. Mas essa discrepância já era esperada, pois o valor fenotípico individual não é de modo algum um indicativo como preditor de valor genético, principalmente numa característica como esta que possui herdabilidade baixa.

As marcações em cinza, no QUADRO 1, correspondem àqueles animais cujo valor genético predito para o CAR foi diferente do valor genético predito para o pai. Nesses casos é possível notar e comprovar que estas diferenças estão associadas a influencia do valor genético predito da mãe que por ser diferente do pai, alterou significativamente o valor genético da progênie.

QUADRO 1 – Predições de valor genético para consumo alimentar residual (CAR) dos animais avaliados (PBVCAR), dos seus pais (PBVCARP) e das suas mães (PBVCARM)

NPAI¹	NANIM²	CAR	PBVCAR	NMAE³	PBVCARM
11 (-0,018)* 30 filhos	1173	-0,380	-0,293	920	-0,181
	1240	1,185	-0,240	998	-0,154
	1211	0,207	-0,003	966	0,061
	1056	0,754	-0,001	789	0,022
	1250	-0,455	0,015	885	0,053
	1200	0,616	0,172	950	0,123
	1110	0,211	0,221	851	0,178
211 (0,177)* 29 filhos	1225	0,997	-0,226	982	-0,185
	1218	0,624	-0,116	976	-0,111
	1247	0,576	0,008	1008	-0,054
	1168	1,046	0,097	915	-0,047
	1214	-0,022	0,115	969	-0,073
	1273	0,715	0,207	1031	0,100
	1171	-0,597	0,255	918	0,111
432 (-0,098)* 18 filhos	1271	-0,764	-0,287	1029	-0,159
	1131	-1,208	-0,247	874	-0,044
	1084	-0,029	-0,179	823	-0,087
	1136	0,048	-0,012	566	0,091
	1187	1,565	-0,006	937	0,071
	1117	-0,887	0,103	858	0,100
	1156	1,099	0,179	903	0,189
803 (-0,236)* 14 filhos	1113	-2,262	-0,505	853	-0,204
	1149	-2,126	-0,364	892	-0,091
	1258	0,854	-0,024	1018	0,060
	1180	1,953	0,001	932	0,104
	1077	-0,095	0,064	814	0,142
	1091	0,415	0,108	829	0,167
	1103	2,172	0,217	843	0,178
821 (0,144)* 10 filhos	1086	-1,530	-0,288	825	-0,240
	1122	0,053	-0,068	864	-0,033
	1082	1,376	0,093	820	0,001
	1236	0,362	0,109	995	0,048
	1129	1,063	0,173	873	0,056
	1186	0,484	0,290	935	0,183
	1166	0,689	0,319	913	0,164

¹ **NPAI**= número código do pai

² **NANIM**= número código do animais analisado no experimento

³ **NMAE**= número código da mãe

***PBVCARP**= valor genético predito para o pai

4 CONCLUSÕES

Dentre as alternativas disponíveis que têm sido utilizadas para avaliar eficiência alimentar de forma consistente, o consumo alimentar residual (CAR) é uma medida diferenciada e de destaque. Para correto cálculo do CAR deve-se incluir o efeito de grupo contemporâneo no modelo animal.

A análise apenas pelo fenótipo próprio do animal para o CAR é falha, pois não é um bom indicativo de valor genético, principalmente neste caso em que a herdabilidade da característica analisada foi baixa ($h^2=0,10$).

As seleções que consideram apenas os pais em detrimento das mães são errôneas, pois tanto o macho como a fêmea tem a mesma probabilidade de contribuir e influenciar no valor genético da progênie.

5 REFERÊNCIAS

1. BOLDMAN, K.; KRIESE, L.; VAN VLECK, L. D. **A manual for use of MTDFREML: A set of programs to obtain estimatives of variances and covariances.** USDA. ARS., 1995.
2. HAZEL, L. N. **The Genetic Basis For Constructing Selection Indexes.** Iowa State College, Ames, Iowa Received May 27, 1943.
3. HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding.** Ontario: University of Guelph, p.462, 1984.
4. GARNERO, A. V.; FERNANDES, M. B.; FIGUEIREDO, L. F. C.; LÔBO, R. B. Influência da Incorporação de Dados de Progênes na Classificação de Touros da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.918-923, 2002.
5. KINGHOR, B.; VAN DER WERF, J.; RYAN, M. **Melhoramento animal – Uso de novas tecnologias.** Piracicaba: FEALQ, 2006. 367p.

ESTIMATIVAS DE (CO)VARIÂNCIAS E PREDIÇÕES DE VALORES GENÉTICOS DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS EM TOUROS DA RAÇA NELORE

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção de bovinos de corte com melhor eficiência alimentar, é sem dúvida, uma ação importante, pois contribui para a diminuição dos custos com alimentação que são elevados dentro do sistema de produção. A inclusão do consumo alimentar residual (CAR) na seleção de bovinos de corte é uma forma de diminuir estes gastos alimentares por selecionar animais que consomem menor quantidade de alimento para um mesmo nível de produção, tendo como consequência a redução o impacto ambiental.

Além disso, a seleção baseada no CAR não interfere no tamanho adulto do animal. Uma vez que a correlação fenotípica encontrada entre o CAR e o ganho médio diário (GMD) foi próxima baixa e próxima a zero (-0,02).

A herdabilidade encontrada para o CAR foi baixa ($h^2=0,10$) e, portanto, avaliar apenas o fenótipo próprio do animal para o CAR é um indicativo falho de valor genético. Ao calcular o CAR é importante incluir o grupo contemporâneo no modelo animal para a obtenção de resultados mais acurados.

Estudos sobre o CAR em zebuínos ainda são recentes no Brasil e há dificuldades na comparação de resultados, pois a maioria são de animais taurinos. Diante desta situação, são necessários mais experimentos e estudos com animais zebuínos, em condições climáticas brasileiras, com o intuito de compreender esta medida de eficiência.