

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

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DA DIETA DE TOUROS DA RAÇA  
NELORE SELECIONADOS PELO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL**

Andrea de Mello Mobiglia

Orientador: Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes

GOIÂNIA

2014



**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: **Andrea de Mello Mobiglia** E-mail: **mellodeia@gmail.com**

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

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

País: **Brasil** UF: CNPJ: Sigla:

Título: **DIGESTIBILIDADE APARENTE DA DIETA DE TOUROS DA RAÇANELORE SELECIONADOS PELO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL** Palavras-chave: **bovino de corte, coeficiente de digestibilidade, confinamento, eficiência alimentar, raça zebuína, seleção genética**

Título em outra língua: **Diet apparent digestibility of Nelore bulls selected by residual feed intake.**

Palavras-chave em outra língua: **beef cattle, digestibility coefficient, feed efficiency, feedlot, genetic selection, Zebu breed**

Área de concentração: **Produção animal** Data defesa: (dd/mm/aaaa) **27/02/2014**

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

Orientador(a): **Juliano José de Resende Fernandes** E-mail: **julianojrf@ufg.br**

Co-orientador(1): **Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira** E-mail: **izabellemolina@fcav.unesp.br**

Co-orientador(2): **Victor Rezende Moreira Couto** E-mail: **victorzootecnista@hotmail.com**

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?<sup>1</sup>  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.

Goiânia 1 de julho de 2014

  
Assinatura do(a) autor(a)

<sup>1</sup> 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.

ANDREA DE MELLO MOBIGLIA

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DA DIETA DE TOUROS DA RAÇA  
NELORE SELECIONADOS PELO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL**

Dissertação apresentada para a  
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:**  
Metabolismo Nutricional, alimentação e forragicultura na produção animal.

**Orientador:**

Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Victor Rezende Moreira Couto

Prof. Dra. Izabelle Auxiliadora M. de Almeida Teixeira

GOIÂNIA

2014

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

M687d Mobiglia, Andrea de Mello.  
Digestibilidade aparente da dieta de touros da raça  
Nelore [manuscrito] / Andrea de Mello Mobiglia. - 2014.  
ix, 42 f. : il., figs, tabs.

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Juliano José de Resende  
fernandes; Co-orientador: Isabelle Auxiliadora Molina de  
Almeida Teixeira; Victor Rezende Moreira Couto  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,  
Escola de Veterinária e Zootecnia, 2014.

Bibliografia.

Inclui lista de siglas.

1. Bovino de corte – Digestibilidade 2. Nelore –  
Digestibilidade 3. Bovino de corte – Confinamento 4.  
Nelore – Confinamento I. Título.

CDU: 636.2.033.085

## **DEDICO...**

*À Deus por iluminar meu caminho e a todos que eu amo e fazem parte dessa etapa da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por abençoar minha caminhada na estrada da vida.

Agradeço aos meus pais (André e Cássia) por propiciarem a continuidade dos meus estudos e por eu ser o que eu sou hoje, pois vocês são peças fundamentais na construção da minha história e nas minhas conquistas. Foram vocês que se dedicaram a mim por muitos anos e hoje é minha vez de retribuir cada gesto de amor.

Aos meus irmãos, Leonardo e Guilherme, agradeço por toda felicidade e por me ensinarem o que é amor de mãe. Meus pequenos amo vocês. As minhas irmãs, Marcela e Renata, agradeço pela amizade e amor de irmã que é para a vida toda. Obrigada por estar sempre presente na minha vida.

Ao meu sobrinho Gabriel que amo muito antes de ver seu rostinho. Biel, a titia te ama, venha com saúde. Você já nos traz muitas alegrias. As minhas sobrinhas (Pietra e Lara) que me dá muitas alegrias a cada sorriso. A titia ama vocês. Aos meus cunhados (Raphael, Maurício, Celso Jr e Eduardo) por serem tão queridos e especiais. A minha cunhada (Rubia) agradeço pela sua amizade e por sua calma em cada palavra que diz. Você é muito especial. Aos meus pais goianos (Celso e Euripedes) agradeço por me acolherem e fazer parte dessa família que amo muito. A Neusinha agradeço pelo amor e dedicação a minha família e por ser um exemplo de força e coragem.

Ao meu orientador, Juliano Fernandes, agradeço pela oportunidade e confiança. Obrigada por todos os ensinamentos e paciência. Aos colegas de trabalho, obrigada pela dedicação, cada ajuda foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

A empresa Nelore Qualitas® que sem o apoio de vocês não seria possível à realização deste trabalho. Obrigada pela confiança.

E por último, mas não menos importante, agradeço ao meu noivo (Fernando Camilo) por fazer parte da minha vida. Seu amor, seus cuidados comigo, seus gestos de dedicação me fazem te amar cada dia mais. Obrigada por todos os momentos juntos e por ser meu companheiro em todas as horas. TE AMO!

*"Cada um de nós compõe a sua história,  
Cada ser em si carrega o dom de ser capaz e  
ser feliz!"*

Trecho da música "Tocando em frente" de composição de Almir Sater e Renato Teixeira.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS .....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	3
2.1. Sistema de produção.....	3
2.2. Eficiência alimentar.....	4
2.3. Digestibilidade Aparente Total da Dieta.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1. Época e local experimental.....	12
3.2. Animais e instalações .....	12
3.3. Alimentação e dieta experimental.....	13
3.4. Medidas de Eficiência.....	14
3.5. Mensuração do consumo alimentar residual (CAR) .....	15
3.6. Ensaio de digestibilidade aparente.....	16
3.7. Análises estatísticas .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5. CONCLUSÕES.....	30
6. REFERÊNCIAS .....	31

**LISTA DE ABREVIATURAS**

CA	conversão alimentar
CAR	consumo alimentar residual
CD	coeficiente de digestibilidade
CMS	consumo de matéria seca
CMSe	consumo de matéria seca estimado
CNF	carboidratos não fibrosos
CNFD	carboidratos não fibrosos digestíveis
CT	carboidratos totais
CV	coeficiente de variação
EAB	eficiência alimentar bruta
EE	extrato etéreo
FDA	fibra em detergente ácido
FDAi	fibra em detergente ácido indigestível
FDN	fibra em detergente neutro
FDND	fibra em detergente neutro digestível
FDNi	fibra em detergente neutro ingestível
GMD	ganho médio de peso diário
GPD	ganho de peso diário
IK	índice de Kleiber
IMS	ingestão de matéria seca
MM	matéria mineral
MS	matéria seca
NTD	nutrientes digestíveis totais
PB	proteína bruta
PBD	proteína bruta digestível
PC	peso corporal
PCF	peso corporal final
PCI	peso corporal inicial
PCM	peso corporal médio
PCMM	peso corporal médio metabólico
TRC	taxa relativa de crescimento

## RESUMO

Tendo em vista o potencial de utilização do consumo alimentar residual como ferramenta para seleção genética torna-se imprescindível estudos que procuram entender as variáveis que influenciam o CAR, principalmente dados com bovinos da raça Nelore condizentes com a realidade brasileira. O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade aparente da dieta de touros da raça Nelore classificados pelo consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados 120 touros da raça Nelore, com peso corporal (PC) de  $392,5 \pm 47,15$  kg. Os animais foram mantidos em confinamento com baias individuais e alimentados com a mesma dieta por 83 dias. Todos os animais foram alimentados à vontade e a dieta era composta de silagem de sorgo, bagaço de cana e concentrado, na relação 33: 67 (V: C) na matéria seca. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 28 dias após jejum de sólido. Diariamente foram pesadas as sobras e o fornecido para determinar o consumo diário. O CAR foi calculado pela diferença do consumo observado e estimado, o qual foi obtido por uma equação de regressão entre consumo, o ganho de peso diário e peso corporal médio metabólico dos animais. Na 8ª semana do experimento foi realizado ensaio de digestibilidade. O marcador interno utilizado para estimar a produção fecal foi a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Para as análises estatísticas, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado. O ganho médio de peso diário (GMD) e PC foram os mesmos para as classes de CAR ( $P > 0,05$ ), apesar dos animais de baixo CAR apresentar menor ingestão de nutrientes ( $P < 0,05$ ) que os animais de médio e alto CAR. Entretanto, os coeficientes de digestibilidade não diferiram entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Em contraste, a digestibilidade aparente dos CNF apresentou correlação negativa de -0,23 com o CAR.

**Palavras chave:** bovino de corte, coeficiente de digestibilidade, confinamento, eficiência alimentar, raça zebuína, seleção genética

## ABSTRACT

Owing to the potential of utilization of residual feed intake as tool for genetic selection becomes indispensable the studies that looking for understand the variables influence RFI, principally data from cattle of Nellore breed, consist with Brazilian reality. The aim of this study was to evaluate the apparent digestibility of diet of Nellore bulls classified by residual feed intake (RFI). One hundred and twenty Nellore bulls were used , with body weight (BW) of  $392.5 \pm 47.15$  kg. The animals were maintained in a feedlot with individual pens and fed with the same diet for 83 days. The animals were fed *ad libitum* and the diet was composed of sorghum silage, sugarcane bagasse and concentrate, in relation 33:67 (V: C) in dry matter. The animals were weight at the beginning of the trial and every 28 days after the solid feed restriction. The refused and offered feed were weight to measure the daily feed intake. RFI was calculate by difference between the observed intake and estimated intake what was obtained through a multiple regression equation of feed intake, average daily gain (ADG) and metabolic body weight (MBW) of the animals. On eighth week was realized a digestibility assay. To estimate the fecal production was used indigestible neutral detergent fiber (NDFi) as internal marker. The randomized design was used for statistical analysis. The ADG and BC were the same for different RFI groups ( $P>0.05$ ), despite of low RFI animals showed lower feed intake ( $P<0.05$ ) than medium and high RFI. However, the digestibility coefficient did not differ between the RFI groups ( $P>0.05$ ). In contrast, the apparent digestibility of NFC was negative correlated ( $-0,23$ ) with the RFI.

**Keywords:** beef cattle, digestibility coefficient, feed efficiency, feedlot, genetic selection, Zebu breed

## 1. INTRODUÇÃO

A alimentação é o custo operacional mais oneroso dentro do sistema de produção de bovinos de corte, principalmente quando o processo produtivo é confinamento. Diante disso, procuram-se formas que permitam que os animais expressem seu máximo potencial de desempenho com o mínimo custo para o produtor.

Esse aumento da produtividade na pecuária nacional deve ser obtido através de um sistema de produção mais eficiente, procurando formas de melhoria nos aspectos genéticos, reprodutivos, sanitários e nutricionais. Desse modo, a melhoria do manejo alimentar dos animais pode gerar grande impacto econômico no sistema de produção devido ao aumento da eficiência alimentar.

De acordo com BASARAB et al. (2003) apenas 5% da energia total da dieta são depositadas na forma de proteína corporal, sendo 70-75% dessa energia destinada para manutenção.

A conversão alimentar e a eficiência alimentar são medidas brutas de eficiência que muitas vezes têm sido utilizadas para mensurar a transformação dos nutrientes da dieta em produto animal (OKINE et al, 2003). No entanto, essas medidas podem apresentar limitações por estarem associadas a medidas de tamanho corporal e taxa de crescimento (BASARAB et al., 2004), com isso a seleção de animais com base na eficiência alimentar bruta pode resultar em progênie mais pesadas a cada geração (CARSTENS & KERLEY, 2004). Animais mais pesados podem causar impacto no sistema de produção, uma vez que é necessário maior gasto com alimentação para suprir as exigências nutricionais, inviabilizando a lucratividade do sistema de produção. Diante disso, alternativas para mensurar a eficiência foram propostas para contornar esses empecilhos.

O conceito de consumo alimentar residual (CAR) foi proposto inicialmente por KOCH et al. (1963) como uma medida para calcular a eficiência alimentar. Esses autores identificaram que tanto o peso corporal manutenção quanto o peso corporal do ganho afetam o requerimento alimentar, sugerindo que a ingestão alimentar poderia ser ajustada pelo peso corporal e ganho do peso corporal. Assim, repartindo a ingestão alimentar em dois componentes: 1) a ingestão alimentar esperada para atingir um determinado nível de produção; e 2)

a porção residual. O consumo alimentar residual é fenotipicamente independente do peso corporal e taxa de crescimento (CREWS et al, 2005), o que permite a comparação entre indivíduos de diferentes níveis de produção durante um período mensurado (HERD et al. 2009).

A identificação de animais jovens mais eficientes é uma forma de reduzir os custos com a seleção genética, já que mensurar o consumo individual em animais confinados por determinado período é oneroso e de alto custo, sendo este um dos maiores obstáculos para a adoção da técnica em larga escala. De modo que medir o CAR é mais caro que medir somente o GMD, podendo assim inviabilizar economicamente este processo (CASTILHOS et. al., 2011). Diante do exposto, correlacionar o CAR com medidas fenotípicas de fácil mensuração é uma alternativa viável de pré-selecionar animais mais eficientes. Contudo, é necessário entender as variáveis que influenciam o CAR.

Segundo BASARAB et al. (2003) e RICHARDSON et al. (2004) os principais mecanismos que influenciam a variação do CAR estão relacionados às exigências de manutenção, transporte de íons, resposta ao estresse, metabolismo dos tecidos e incremento calórico.

A digestibilidade da dieta foi correlacionada com CAR em diversos estudos (RICHARDSON et al., 1996; CHANNON et al., 2004; RICHARDSON et al., 2004; NKRUMAH et al., 2006). Entretanto, existe controvérsia da associação de CAR com a digestibilidade de nutriente, em que as duas variáveis não foram correlacionadas (PAULINO, 2006; CRUZ et al., 2010). Considera-se que maior parte dos trabalhos de digestibilidade e CAR são raças europeias e escassos dados se referem a zebuínos, raça predominante no rebanho brasileiro.

Tendo em vista o potencial de utilização do consumo alimentar residual como ferramenta para melhoramento genético o objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade aparente da dieta de touros da raça Nelore classificados pelo consumo alimentar residual e correlacionar essas variáveis com o CAR.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Sistema de produção**

A bovinocultura de corte destaca-se como fornecedora de proteína animal para a população brasileira. O consumo da carne bovina em 2013 foi de 7,233 mil toneladas, ficando atrás apenas do consumo de carne de frango (BRASIL, 2013). O rebanho brasileiro de aproximadamente 209 milhões de cabeça (IBGE, 2010) e uma produção de 9,4 milhões TEC (toneladas equivalente-carcaça) no ano de 2012 (ABIEC, 2013) ocupa importante posição no contexto mundial. Apesar do grande rebanho brasileiro, o sistema de produção ainda é muito ineficiente. O aumento da produtividade na pecuária nacional deve ser obtido através de um sistema de produção mais eficiente, procurando formas de melhoria nos aspectos genéticos, reprodutivos, sanitários e nutricionais.

A sazonalidade das pastagens, quando ocorrem baixa qualidade e quantidade de alimento, é um entrave para o sistema de produção, pois promove oscilação do ganho e da perda de peso. Como alternativa, a engorda de bovinos em um sistema intensivo como o confinamento se torna atraente pela possibilidade de utilização de subprodutos da agroindústria para a alimentação animal como forma de reduzir os custos com a dieta de confinamento, além de usufruir da sazonalidade do preço do boi gordo na entressafra. Desse modo, a terminação de bovinos em confinamento no Brasil vem-se apresentando como forma de aumentar a oferta de carne bovina, principalmente na entressafra, quando há escassez de alimento no pasto.

A alimentação é o custo operacional mais oneroso dentro do sistema de produção de bovinos de corte, principalmente quando o processo produtivo é confinamento, podendo esse custo alcançar dois terços dos gastos de um empreendimento de terminação de bovino intensivo (LIU et al. 2000).

Devido à alimentação ser o custo variável mais expressivo dentro do sistema de produção de bovino de corte, ela requer especial atenção, pois para atingir a máxima eficiência produtiva e econômica desse sistema requer medidas de manejo alimentar eficientes. Diante disso, procuram-se formas que permitam

que os animais expressem seu máximo potencial de desempenho com o mínimo custo para o produtor. Dados na literatura mostram que a melhora de 5% na eficiência de utilização de alimentos tem impacto econômico quatro vezes maior que a elevação de 5% no ganho médio diário (GIBB & MACALLISTER, 1999).

## 2.2. Eficiência alimentar

As medidas mais comuns para mensurar a transformação dos nutrientes da dieta em produto animal são a conversão alimentar e as medidas brutas de eficiência, como a eficiência alimentar (OKINE et al, 2003). No entanto, essas medidas podem apresentar limitações por estarem associadas a medidas de tamanho corporal e taxa de crescimento (BASARAB et al., 2004), com isso a seleção de animais com base na eficiência alimentar bruta pode resultar em progênies mais pesadas a cada geração (CARTENS & KERLEY, 2004), o que resulta em aumento de custos com alimentação (CASTILHOS et al., 2010). A seleção para conversão alimentar irá aumentar a taxa de crescimento e peso sobreano, e reduzir a ingestão alimentar, assim limita-se a utilização dessa característica como forma de seleção devido à resposta desfavorável no peso adulto e aumento da exigência de energia para manutenção (LANCASTER et al., 2009).

A maioria dos programas de melhoramento genético não consideram os *inputs* do sistema de produção, uma vez que visam selecionar bovinos de corte para características de crescimento como peso ao nascer, peso a desmama, peso sobreano e ganho de peso médio diário. Animais mais pesados podem causar impacto no sistema de produção, uma vez que seja necessário maior gasto com alimentação para suprir as exigências nutricionais, inviabilizando a lucratividade do sistema de produção. Além dessas características, outras também possuem relevância na produção, como o consumo e a eficiência de utilização de alimentos, porém muitas vezes são pouco exploradas devido à dificuldade de mensuração do consumo.

KLEIBER (1936) sugeriu um índice de eficiência alimentar, enquanto investigava o metabolismo energético, chamado de índice de Kleiber (IK), este

calculado pelo GMD por unidade de PCM. FITZHUGH & TAYLOR (1971) descreveu uma medida de eficiência denominada taxa relativa de crescimento (TRC), sendo esta o ganho de peso referente ao tamanho instantâneo do corpo. Entretanto, pesquisas mostram que ambas as medidas de eficiência são fortemente correlacionadas com o GMD (ARTHUR et al., 2001; NKRUMAH et al., 2004). Além disso, NKRUMAH et al. (2004) trabalhando com animais mestiços castrados e não castrados mostraram que animais castrados são mais eficientes para CAR e CA, porém, não diferiram as médias de TRC e IK entre os grupos. Essa similaridade das médias para TRC e IK em termos de eficiência os autores sugeriram que essas medidas podem ser falhas para detectar diferenças verdadeiras em eficiência energética.

Diante disso, identificar animais que consomem menos sem comprometer o desempenho e a qualidade do produto final tornou-se tarefa fundamental para aumentar a lucratividade do sistema, assim como reduzir os impactos ambientais gerados na produção de bovinos.

KOCH et al. (1963) relataram que existe diferença entre os animais no requerimento alimentar em função da necessidade nutricional de manutenção e ganho. A partir de estudos estes autores propuseram o conceito de consumo alimentar residual (CAR) como uma medida para calcular a eficiência alimentar. Esses autores sugeriram que a ingestão alimentar poderia ser ajustada pelo peso corporal e ganho do peso corporal. Assim, repartindo a ingestão alimentar em dois componentes: 1) a ingestão alimentar esperada para atingir um determinado nível de produção; e 2) a porção residual. Em outras palavras, a porção residual serve para identificar os animais que tiveram a ingestão de alimentos além ou aquém do esperado para seu ganho de peso.

O consumo alimentar residual é fenotipicamente independente do peso corporal e taxa de crescimento (CREWS et al, 2005), o que permite a comparação entre indivíduos de diferentes níveis de produção durante um período mensurado (HERD et al. 2009). Ao contrário da conversão alimentar, a seleção para o CAR, seleciona animais de menor consumo e exigências para manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso (BASARAB et al., 2003). O CAR é calculado como sendo a diferença do consumo observado e consumo estimado. O consumo estimado é obtido através de equação de

regressão linear múltipla em função do peso corporal médio metabólico (PCMM) e ganho de peso médio diário (GMD).

CAR = Consumo observado – Consumo estimado ( $f\{PCMM,GMD\}$ )

Animais mais eficientes apresentam baixo CAR (consumo observado menor que o predito), enquanto que animais menos eficientes (consumo observado maior que o predito) apresentam alto CAR, possibilitando identificar os animais mais eficientes dentro de um sistema de produção (LUCILA-SOBRINHO et al., 2011). Animais de baixo CAR, portanto, apresenta na partição dos nutrientes, menor exigência para manutenção, o que permite maior quantidade de nutrientes destinada para ganho (ARTHUR & HERD, 2008; BRANCO et al., 2009).

Ranquear animais pelo fenótipo CAR é necessário um registro individual por 70 dias segundo ARCHER et al.(1997). Este prazo foi encurtado para 63 dias segundo a recomendação de WANG et al. (2006). De acordo esses autores este prazo é suficiente para mensurar o consumo de matéria seca, taxa de conversão alimentar, taxa de crescimento e consumo alimentar residual, de modo a não comprometer a acurácia do teste. Em contra partida, CASTILHOS et al.(2011) trabalhando com animais da raça Nelore recomendaram o tempo mínimo de teste de 84 dias para estas mesmas características.

Estudos relatam que correlação genética entre o CAR e conversão alimentar variam de 0,45 a 0,85 (ARTHUR et al, 2001;NKRUMA et al.,2007; LANCASTER et al., 2009;CRUZ et al.,2010),o que implica que o melhoramento genético baseado no CAR irá melhorar a conversão alimentar (ARTHUR & HERD, 2008).

Na literatura há constatação que o CAR apresenta moderada herdabilidade (HERD & BISHOP, 2000) variando de 0,14 a 0,58 (FAN et al, 1995; CREWS et al, 2003; LANCASTER et al., 2009; CROWLEY et al., 2010), o que resulta em progênes que consomem menos alimento sem sacrificar o desempenho produtivo (HERD et al., 2003). Em razão da moderada herdabilidade a seleção para CAR vem sendo introduzida nos programas de melhoramento genético (ALMEIDA et al., 2005).

Estudos mostram que a seleção para CAR pós desmame apresenta alta correlação genética com a eficiência de animais adultos, 0,58 (NIEUWHOF et al., 1992) e 0,60 (ARCHER et al., 1998). KELLY et al. (2010a) evidenciaram que a repetibilidade da característica CAR em novilhas em diferentes fases de crescimento (sobreano e terminação) foi de 0,62.

Essa variação da eficiência de utilização de alimento pelos animais envolve um complexo processo biológico, além de interferência direta e/ou indireta do ambiente em que o animal está inserido, o que indica que muitos mecanismos estão associados com o fenótipo do CAR. Estudos com CAR têm demonstrado correlação com a produção de calor, produção de metano, e digestibilidade, indicando que fenótipos de CAR de maior eficiência tem menos requerimento de energia para manutenção e emissão de metano, além de melhorar a digestibilidade da dieta (HERD & ARTHUR, 2009).

Experimento conduzido com bovinos da raça Angus evidenciou que diversos mecanismos contribuíram para a variação do CAR. RICHARDSON & HERD (2004) apresentaram essas contribuições dos mecanismos fisiológicos para a variação dos diferentes níveis de CAR determinados a partir de progênie Angus selecionadas pelo CAR, como ilustra a Figura 1. Observa-se que as diferenças na digestão contribuem 10% e no padrão de alimentação 2% na variação do CAR. Enquanto que o incremento calórico da fermentação e atividades representam, respectivamente, 9% e 10%. Através de mensurações indiretas do *turnover* proteico, metabolismo dos tecidos e estresse contribuíram com aproximadamente 37% da divergência dos grupos de CAR. Pelo menos 27% da diferença do CAR foram devido a outros processos, dos quais não foram mencionados pelos autores.

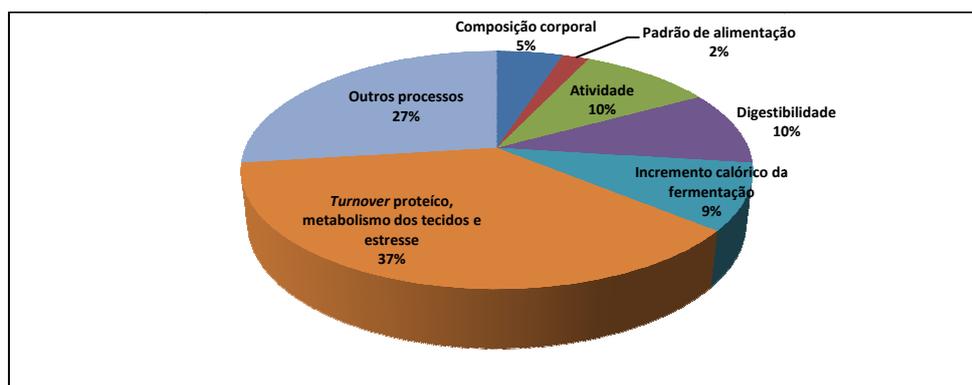


FIGURA 1- Mecanismos fisiológicos que contribuem com a variação do consumo alimentar residual.

Fonte: Adaptado de RICHARDSON & HERD (2004).

KELLY et al. (2010b) reportou que características de comportamento ingestivo, composição de carcaça, circulação de metabólitos no sangue em novilhas em crescimento contribuem para aproximadamente 35% da variação do CAR. A variação do consumo de alimento está diretamente correlacionada com a variação da exigência de manutenção. O animal despende mais energia à medida que o consumo aumenta. Isso pode ser explicado devido ao aumento de tamanho dos órgãos digestivos e também pelo maior gasto de energia pelos tecidos desses órgãos. Essa energia gasta no processo digestivo, bem como o calor produzido pelo metabolismo dos nutrientes é chamada de incremento calórico.

Assumir que o CAR está associado com diferenças na ingestão sem prejudicar o desempenho, portanto, pode ser esperado que animais mais eficientes tenham menos gasto energético com o incremento calórico. Trabalho realizado por CASTILHOS (2009) evidenciou correlação genética e fenotípica do tempo e frequência de alimentação com o CAR, em que os animais de baixo CAR gastam menos tempo na ingestão de alimentos e consomem menos matéria seca. Supõe-se que animais de baixo CAR apresentam menores incrementos calóricos assim a energia proveniente da dieta é mais bem direcionada para a manutenção e crescimento (CASTILHOS, 2009).

A literatura relata correlação positiva entre CAR e ingestão de matéria seca (IMS) variando de 0,44 a 0,72 (ARTHUR et al.,2001; HOQUE et al.,2006; NKRUMAH et al. 2007; CASTRO BULLE et al., 2007; KELLY et al., 2010a), assim como para ingestão de nutrientes digestíveis totais (NDT) que apresentou correlação de 0,91(SHAFFER et al.,2011), o que indica que a seleção para CAR pode resultar na redução de ingestão alimenta.

A variação na ingestão alimentar entre animais classificados em diferentes grupos de CAR é explicada pelas exigências energéticas para manutenção, após eliminar as possíveis diferenças da taxa e composição do ganho corporal (NIELSEN, 2004). Segundo PAULINO (2006) animais com alto CAR demandam aproximadamente 12% a mais de matéria seca para manutenção que os

animais de baixo consumo residual. Portanto, a seleção genética para baixo CAR tem como finalidade selecionar animais que consomem menos sem alterar seu desempenho (DELCLARO et al., 2012).

Devido às limitações impostas pelos índices de eficiência mais tradicionais como EAB e CA, alternativas para mensurar a eficiência tem ganhado relevância, entre os quais se destaca o CAR. O entendimento dessas bases fisiológicas relacionadas ao CAR poderá favorecer a utilizar essa ferramenta para seleção de animais mais eficientes, além de permitir a identificação precoce desses indivíduos e assegurar que respostas indesejáveis que possam estar correlacionas com essa característica não comprometam a eficácia da seleção genética.

### **2.3. Digestibilidade Aparente Total da Dieta**

O percentual de aproveitamento da dieta que foi ingerido pelo animal é o que conhecemos por digestibilidade aparente. Em outras palavras, a digestibilidade aparente da dieta é considerada a proporção do ingerido que não foi excretada nas fezes, não considerando a matéria fecal metabólica representada principalmente pelas secreções endógenas, contaminação por microrganismos e descamações do epitélio (BERCHIELLI et al., 2011).

Sendo assim, a digestibilidade do nutriente é uma característica do alimento, inerente ao animal, que tem capacidade de permitir o seu aproveitamento pelo animal em maior ou menor escala (SILVA & LEÃO, 1979). Contudo, é uma excelente forma de avaliar a qualidade do alimento, tanto em um sistema de pastejo ou confinamento.

A determinação da digestibilidade aparente, pelo método tradicional, é feita através do controle total sobre o consumo e excreção de fezes, necessitando da coleta total de fezes, portanto, um método muito trabalhoso e muitas vezes se torna inviável devido ao número de animais e mão de obra limitada. Desta forma, o uso de indicadores para a determinação da digestibilidade da dieta se tornou uma forma mais fácil e ao mesmo tempo eficiente.

Os indicadores podem ser classificados como externos ou internos. Os externos são fornecidos via oral ou ruminal ou adicionados à dieta dos animais, enquanto que os internos são substâncias indigestíveis contidas naturalmente na dieta (ZEOULA et al., 2002).

BERCHIELLI et al. (2000) ao avaliarem três indicadores internos ( fibra em detergente neutro indigestível-FDNI, fibra em detergente ácido indigestível-FDAi e lignina), incubados *in situ* por 144 horas obtiveram resultados satisfatórios para a estimativa da digestibilidade e produção fecal, em comparação com a coleta total de fezes. Para DETMANN et al. (2001) o indicador FDAi apresentou bastante variação dos dados e consideraram que o FDNI a melhor alternativa para a determinação indireta da digestibilidade de nutrientes. O FDNI foi o indicador mais eficiente e com menos variação no dados, quando ZEOULA et al. (2002) avaliaram a recuperação fecal de indicadores internos. VAN SOEST (1994) recomendou o uso de FDNI como indicador ideal para dietas com maior quantidade de fibra. Entretanto, os componentes de fibra podem ser utilizados para estimar a produção fecal, mas é importante ressaltar que para cada dieta terá um indicador que melhor se adéque. Uma vez que componentes que tem baixa concentração nos alimentos tendem aumentar a variabilidade dos dados (BERCHIELLI et al.,2005).

São encontrados diferentes métodos de incubação de indicadores internos na literatura no que desrespeita ao tecido do saco utilizado e tempo de incubação. O uso do saco de TNT (tecido não tecido) vem sendo utilizado por diversos pesquisadores por ter menor custo e apresentarem resultados satisfatórios. CASALI et al. (2009) compararam três tipos de tecidos (náilon com porosidade de 50 $\mu$ m; F57 da Ankon® e TNT de 100g/m<sup>2</sup>), sendo apenas o uso do náilon não recomendado para a confecção dos sacos para incubação.

Em relação ao tempo de incubação dos indicadores internos, CASALI et al. (2008) estudando tempos de incubação para indicadores internos e utilizando diferentes tipos de alimento, recomendaram o tempo de 240 horas para a obtenção de estimativas mais precisas para o FDNI e 264 horas para o FDAi. MORAIS et al. (2010) avaliaram os tempo de incubação (144 e 288 horas) para a estimativa das frações indigestíveis dos indicadores internos (FDNI e FDAi) e

concluíram que o tempo de 144 horas foi o mais adequado e, portanto pode ser utilizado para determinar a digestibilidade aparente da dieta.

O aumento do coeficiente de digestibilidade de matéria seca em animais mais eficientes (baixo CAR) foi relatado por HERD et al. (2004) e RICHARDSON & HERD (2004), porém a dificuldade de mensurar pequenas diferenças na digestibilidade da dieta requer cautela para assegurar que as variações na digestão possam explicar diferenças nos grupos de CAR.

RUSSELL & GAHR (2000) sugeriram que as possíveis diferenças na digestibilidade da dieta entre animais de diferentes classes de CAR seriam em função do tempo de retenção da digesta no rúmen e do comportamento alimentar. Assim, segundo autores, as correlações entre CAR e digestibilidade aparente do alimento, por se tratarem de variações individuais dos animais, torna-se aceito que animais recebendo dietas semelhantes não apresentam necessariamente a mesma digestibilidade dos nutrientes.

RICHARDSON et al. (1996) estudaram touros jovens e novilhas classificados pelo CAR e mostraram que a habilidade de digerir matéria seca e FDN (fibra em detergente neutro) diferiu em aproximadamente 1% entre os grupos de alto e baixo CAR. NKURMAH et al. (2006) também encontraram diferenças na digestibilidade de nutrientes entre animais de alto e baixo CAR, sendo esta diferença de menor que 5%, suficiente para revelar diferenças entre grupos de CAR. Evidenciando que pequenas alterações no aproveitamento dos nutrientes tem forte impacto na eficiência alimentar.

Em contraste, CRUZ et al. (2010) não encontraram diferenças na digestibilidade da matéria seca de animais de alto e baixo CAR. Porém neste último estudo os autores utilizaram a lignina como marcador interno para estimar indiretamente a digestibilidade de matéria seca, sendo a dieta composta por apenas 10% de forragem, podendo então este método indireto não ter sido apropriado para este tipo de dieta, uma vez que VAN SOEST et al. (1991) consideraram a lignina um marcador interno viável para estimar a digestibilidade de matéria seca de dietas com alto teor de forragem. PAULINO (2006) também não encontrou diferenças na digestibilidade dos nutrientes em animais da raça Nelore classificados pelo consumo residual.

As diferenças na digestibilidade podem estar associadas com diferenças na taxa de passagem, como uma consequência das diferenças do consumo alimentar, pois alto consumo é negativamente correlacionado com a digestibilidade (NRC, 1996).

Nota-se que os resultados existentes na literatura para a digestibilidade aparente dos nutrientes entre as classes de CAR ainda são bastante contraditórios, necessitando assim de direcionar estudos para este aspecto.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Época e local experimental**

O experimento foi conduzido no período de maio a agosto de 2012, nas instalações do Confinamento Experimental de Bovino de Corte da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, localizada no município de Goiânia/GO, situado a 16° 40' 43" de latitude sul e 49° 15' 14" de longitude oeste. O experimento foi aprovado pela Comissão de ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Federal de Goiás.

#### **3.2. Animais e instalações**

Foram utilizados 120 touros da raça Nelore com aproximadamente 20 meses de idade e peso corporal de  $392,5 \pm 47,15$  kg (um animal foi retirado do experimento por apresentar acidose ruminal na adaptação à dieta). Os animais participam de um programa de melhoramento genético da raça, o NELORE QUALITAS®.

Os animais foram alojados em baias individuais com 12,5 m<sup>2</sup> de área providas de cochos de 2,5 metros e um bebedouro a cada duas baias, o piso era de chão batido. Ao ingressar no experimento, os animais foram pesados com

jejum de sólidos de 16 horas, identificados, e foi realizado o manejo sanitário com aplicação de vermífugo, vitamina A, vitamina D, vitamina E e vacina para pneumonia e carbúnculo. Os animais foram pesados a cada 28 dias após jejum de sólidos por 16 horas. Os animais foram confinados por 83 dias, sendo 14 dias para adaptação à dieta.

### **3.3. Alimentação e dieta experimental**

A dieta experimental foi balanceada conforme o NRC (2000) para um ganho de 1,5 kg por dia, sendo a relação volumoso: concentrado de 37:63 (na matéria seca). Na Tabela 1 estão listadas as proporções de cada ingrediente contido na ração e sua composição bromatológica. A ração foi fornecida *ad libitum*, diariamente às 13 horas com o auxílio de um vagão misturador da SILTOMAC® 203. A quantidade de ração a ser fornecida foi pesada em balança com capacidade máxima de 300 kg e 0,1 kg de precisão. A leitura de cocho era feita pela manhã e antes do trato para manter a sobra diária de 5% do oferecido, a fim de minimizar a seleção. As sobras foram pesadas diariamente para determinar o consumo diário.

O alimento fornecido e as sobras foram pesados diariamente para determinar o consumo diário, além disso, foi feita amostragem tanto do alimento fornecido como das sobras de cada animal semanalmente e feita uma amostra composta a cada período de 28 dias.

As amostras foram levadas à estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, e em seguida moídas em moinho com peneira malha de 1mm. Depois de moídas, as amostras de sobras de cada animal e alimento fornecido referente a cada período (de 28 dias) foram proporcionalmente pesadas e homogeneizadas, compondo uma amostra composta de sobras para cada animal e alimento fornecido que representasse todo período de experimento. As amostras compostas dos períodos do experimento foram analisadas para quantificar o teor de matéria seca (MS), a fim de calcular o consumo de MS observado.

Tabela 1 - Ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental.

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade (% da MS)</b>
Bagaço de cana	10,5
Silagem de Sorgo	26,9
Milho moído	9,9
Sorgo moído	29,6
Casca de soja	17,4
Farelo de soja	2,6
Uréia	1,4
Mistura mineral	1,8
<b>Composição bromatológica</b>	<b>% MS</b>
MS (%)	58,5
PB	10,9
EE	3,48
MM	3,56
FDNcp	46,5
FDAcp	24,6
CT	82,0
CNF	38,1
NDT	69,0

MO= matéria orgânica, MS= matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra digestível em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, CT= carboidrato total, CNF= carboidrato não fibroso, NDT= nutrientes digestíveis totais.

### 3.4. Medidas de Eficiência

Os parâmetros de eficiência alimentar avaliados foram: conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EAB), taxa relativa de crescimento (TRC) e índice de Kleiber (IK), além do consumo alimentar residual (CAR) que será detalhado adiante. A CA foi calculada pela razão entre a média de consumo diário de matéria seca (CMS,kg/dia) e o ganho médio de peso diário (GMD,kg/dia). Enquanto que a EAB foi obtida pelo inverso desta relação.

Para TRC a equação utilizada foi preconizada por FITZHUG & TAYLOR (1971), em que levou em conta o PCI e PCF dos animais e a duração do período de teste do CAR, como representado pela equação [Eq.I] a seguir:

$$\text{TRC (\%/dia)} = 100 * (\log \text{PCF} - \log \text{PCI}) / \text{dias de experimento} \quad [\text{Eq.I}]$$

O IK foi calculado segundo a equação descrita por KLEIBER (1936) como apresentada abaixo [Eq.II]:

$$\text{IK (kg ganho/kg PCM)} = \text{GMD/PMM} \quad [\text{Eq.II}]$$

Em que, GMD é o ganho de peso médio diário (kg/dia) e PMM é peso corporal médio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ).

### 3.5. Mensuração do consumo alimentar residual (CAR)

O CAR expresso em kg/dia de matéria seca (MS) foi obtido pela diferença entre consumo observado diário (kg/dia de MS) e consumo predito (kg/dia de MS), calculado através da equação de regressão (Eq III).

$$\text{CMSe} = \beta_0 + (\beta_1 \times \text{GMD}) + (\beta_2 \times \text{PCM}) + e \quad [\text{Eq III}]$$

Em que:  $\beta_0$  representa o intercepto da equação, GMD representa o ganho médio diário (kg/dia),  $\beta_1$  o coeficiente de regressão do GMD, PCM representa o peso corporal médio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ),  $\beta_2$  representa o coeficiente de regressão do PCM e o resíduo “e” representa o consumo residual. O peso corporal médio (PCM) foi calculado pela média do peso corporal inicial (PCI) e peso corporal final (PCF).

A partir disso, os animais foram classificados em três diferentes grupos: alto, médio ou baixo CAR. Sendo:

- ✓ Alto CAR- animais que apresentaram valores de CAR de  $\frac{1}{2}$  desvio-padrão maior que a média geral, considerados os animais menos eficientes.
- ✓ Médio CAR- animais que apresentaram os valores de CAR entre os limites dos animais de alto e baixo CAR, ou seja, o valor de CAR estava entre  $\pm 0,5$  vezes o desvio-padrão.

- ✓ Baixo CAR- animais que apresentaram os valores de CAR de  $\frac{1}{2}$  desvio-padrão inferiores à média geral, considerados os animais mais eficientes.

### **3.6. Ensaio de digestibilidade aparente**

O ensaio de digestibilidade aparente foi realizado na 8<sup>a</sup> semana do experimento. As fezes de 119 animais foram coletadas imediatamente após a defecação diretamente do piso da baia, de modo que era coletada superficialmente para não haver contaminação do solo, e os animais que não foi possível essa coleta foram levados até o brete de contenção e as fezes foram coletadas do reto do animal. As coletas foram durante três dias consecutivos, sendo o primeiro dia às 7h, no segundo às 13 h e no último dia às 18h. As fezes foram devidamente identificadas e a partir das três amostras foi obtida uma amostra composta de fezes para cada animal. As amostras foram congeladas para posteriores análises laboratoriais. Durante o período de ensaio de digestibilidade o alimento e as sobras de cada animal foram amostrados, e das três amostras foi feita uma amostra composta representando o período de digestibilidade.

Para estimar a excreção de MS fecal foi usada como marcador interno a fibra indigestível em detergente neutro (FDNi). As amostras de fezes, alimento fornecido e sobras foram previamente secas em estufa de ar forçada a 65°C por 72 horas, e em seguida moídas em moinho de faca com peneira de malha de 1mm, para então serem incubadas em 4 bovinos da raça Nelore canulados por 264 horas (CASALI et al. 2008). Após retirar dos animais foram lavadas até que a água ficasse límpida e na sequência foi feita análise de FDN segundo VAN SOEST et al. (1991) para obter o FDNi de cada amostra.

As análises compostas de sobras, alimento fornecido e fezes do ensaio de digestibilidade foram previamente secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas e moídas em moinho de faca com peneira de malha de 1 mm para que então fosse quantificados quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2005).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido conforme VAN SOEST et al. (1991), e o teor de fibra em detergente ácido (FDA) foi obtido pelo método sequencial de VAN SOEST & ROBERTSON (1980). Os teores de FDN e FDA foram corrigidos, respectivamente, para nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) segundo o protocolo apresentado por LICITRA et al. (1996). Além disso, foi feita correção de cinzas, segundo AOAC (2005), tanto para o FDN quanto para FDA. Alpha-amilase termoestável (Sigma-Aldrich®) foi empregada nas análises de FDN. O saquinho utilizado para análise foi confeccionado com tecido não tecido (TNT) de densidade de 100 g/m<sup>2</sup> com tamanho de 5 x 5 cm e porosidade de 100µm, utilizando uma autoclave para as avaliações de FDNcp e FDAcp.

Para calcular os coeficiente de digestibilidade aparente (CD) de cada componente da dieta (MS, PB, EE, FDNcp, CT, CNF) e matéria orgânica (MO) foram calculados pela seguinte equação (Eq IV), em que os nutrientes ingeridos e excretados são expressos em kg/dia:

$$CD (\%) = ((\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado}) / \text{nutriente ingerido}) \times 100$$

[Eq IV]

O teor de carboidratos totais (CT) estimado pela seguinte equação (Eq V) proposta por SNIFFEN et al. (1992). Enquanto que o teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado pela equação (Eq. VI) de acordo com HALL (2000).

$$CT(\%) = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

[Eq. V]

$$CNF(\%) = 100 - [(\% \text{ PB} - \% \text{ PB uréia} - \% \text{ uréia}) + \% \text{ EE} + \% \text{ MM} + \% \text{ FDNcp}]$$

[Eq. VI]

A densidade energética foi determinada pela equação (Eq. VII) proposta pelo NRC (2001) e expressa em porcentagem de nutrientes digestíveis totais (NDT).

$$NDT(\%) = \text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFD} + (2,25 \times \text{EED})$$

[Eq. VII]

Em que: PBD , FDNcpD, CNFD e EED significam respectivamente, proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível (corrigida para cinzas e NIDN), carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível, expressadas em porcentagem na MS (%).

### 3.7. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (alto, médio e baixo CAR). O animal foi considerado a unidade experimental.

Os dados de conversão alimentar, eficiência alimentar bruta, índice de Kleiber e taxa de crescimento relativo foram testados com o CAR por correlação de Pearson, assim como os dados de peso corporal inicial, peso corporal final, ganho médio diário, consumo de nutrientes (MS, MO, MM, PB, EE, FDNcp, CHT, CNF, NDT) e coeficiente de digestibilidade (MS, MO, PB, EE, FDNcp, CHT, CNF, NDT) foram analisados pela correlação de Pearson, considerando 5% de probabilidade.

O efeito do grupo de eficiência para PCI, PCF, GMD, CA, EAB, consumo de nutrientes e coeficientes de digestibilidade, foram analisados por análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey com 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o programa R (THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação de regressão [Eq. VIII] para prever o consumo de matéria seca esta ilustrada abaixo. Em que: GMD representa o ganho médio diário (kg/dia) e PCMM representa o peso corporal médio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ).

$$\text{CMSe} = 0,5182 + (1,7641 \times \text{GMD}) + (0,0690 \times \text{PCMM}) \quad [\text{Eq. VIII}]$$

A partir da diferença do consumo de MS observado e consumo de MS estimado, foi possível ranquear os animais, de modo que, os animais de alto CAR eram + 0,33 (1/2 desvio-padrão) acima da média geral, os animais de baixo CAR eram - 0,33 (1/2 desvio-padrão) abaixo da média geral. Enquanto que os animais de médio CAR ficaram entre o limite de  $\pm 0,33$ . Com isso, o número de animais classificados para cada grupo foi de 38, 52 e 29 (baixo, médio e alto CAR, respectivamente), o que corresponde a 32% dos animais avaliados foram classificados como eficientes e 24% dos animais foram considerados ineficientes, sendo que o restante (44%) foram os animais que apresentaram intermediária eficiência.

É importante destacar que a média do CAR de todos os animais que participaram do teste foi zero, devido essa característica representar o resíduo da equação de regressão [Eq. VIII], e, por definição, a esperança do erro é nula.

Os dados de desempenho e eficiência alimentar dos animais ranqueados pelo consumo alimentar residual estão ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de desempenho durante o teste de consumo alimentar residual para os grupos de eficiência (baixo, médio e alto CAR)

Item	CAR			CV(%)	Valor P
	Baixo	Médio	Alto		
n <sup>1</sup>	38	52	29		
PC inicial (kg)	388	399	384	12,00	0,312
PC final (kg)	513	523	507	9,66	0,362
GMD (kg/dia)	1,51	1,50	1,52	17,27	0,962
CA	5,54 b	6,16 a	6,49 a	14,64	<0,05
EAB	0,18 a	0,16 b	0,16 b	12,95	<0,05
CAR (kg/dia)	-0,71 c	0,04 b	0,85 a	1,9e <sup>-12</sup>	<0,05
TRC (%/dia)	0,15	0,14	0,15	18,25	0,537
IK (kg ganho/kg PC <sup>0,75</sup> )	0,02	0,02	0,02	17,52	0,598

PC= peso corporal, GMD= ganho médio diário, IMS= ingestão de matéria seca, CA= conversão alimentar, EAB= eficiência alimentar bruta, CAR= consumo alimentar residual, TCR= taxa relativa de crescimento, IK= índice de Kleiber.

<sup>1</sup> Número de animais classificados para cada grupo de eficiência.

Letras distintas nas linhas são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O valor individual mínimo e máximo de CAR foi de -1,64 a + 2,87 entre o animal mais eficiente e o menos eficiente, respectivamente, sendo uma diferença de 4,51 kg de MS por dia. Essa variação é maior que alguns dados encontrados na literatura (1,34 kg/dia e 1,64 kg/dia- CRUZ et al. 2010; 3,24 kg/dia – BERRY & CROWLEY, 2012).

Os animais mais eficientes (baixo CAR) ingeriram 0,95 Kg de alimento a menos que os animais menos eficientes para 1 Kg de ganho, resultando na melhoria de pelo menos 11,1% na eficiência alimentar dos animais de baixo CAR. Os dados de CA e EAB apresentados na Tabela 2 evidenciam que animais eficientes aproveitam melhor a dieta, o que implica que a seleção para CAR irá resultar em animais com melhor CA (ARTHUR & HERD, 2008). Não houve diferença estatística entre animais de CAR intermediário e alto em relação a CA e EAB.

Observa-se que não teve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) nas medidas de IK e TRC entre as classes de CAR, pois essas medidas consideram o PC, GMD, bem como dias de experimento, variáveis que foram estatisticamente iguais tanto para animais mais eficientes como os menos eficientes. NKRUMAH et al. (2004) também não relatou diferença do IK e TCR entre animais classificados pelo CAR.

Ao início do experimento o peso corporal inicial (PCI) não diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre os grupos de baixo, médio e alto CAR, assim como o peso corporal final (PCF) também não foi diferente entre as classes de CAR (Tabela 2). O ganho médio diário de peso (GMD) não foi diferente estatisticamente ( $P > 0,05$ ) entre tratamento (Tabela 2), porém animais mais eficientes (baixo CAR) consumiram menos MS que os menos eficientes (médio e alto CAR), como mostrado na Tabela 3.

Os dados de PCI, PCF e GMD confirma que o CAR é uma medida de eficiência fenotipicamente independente de crescimento e tamanho corporal. Pelo fato do CAR ser calculado pela diferença do consumo de MS observado e consumo de MS esperado, em função do peso corporal metabólico e ganho médio de peso diário (CREWS et al, 2005), este apresenta-se independente dessas

variáveis, de modo que a seleção de animais para CAR pode resultar em rebanhos com menor consumo, sem prejuízo no desempenho produtivo (HERD et al., 2003).

Tabela 3- Ingestão média de MO, MS, MM, PB, EE, FDNcp, CT, CNF e NDT dos touros classificados para baixo, médio e alto consumo alimentar residual

Ingestão	CAR			CV(%)	Valor P
	Baixo	Médio	Alto		
MO (kg/dia)	7,80 c	8,61 b	9,17 a	9,19	< 0,05
MS (kg/dia)	8,06 c	8,90 b	9,47 a	9,29	< 0,05
MM(kg/dia)	0,26 b	0,29 a	0,31 a	15,8	< 0,05
PB (kg/dia)	0,89 c	0,98 b	1,05 a	9,45	< 0,05
EE (kg/dia)	0,29 c	0,32 b	0,34 a	9,45	< 0,05
FDNcp (kg/dia)	3,76 c	4,15 b	4,47 a	10,39	< 0,05
CT (kg/dia)	6,62 c	7,31 b	7,78 a	9,22	< 0,05
CNF (kg/dia)	3,07 b	3,38 a	3,56 a	9,55	< 0,05
NDT (kg/dia)	6,14 b	6,57 a	6,80 a	12,63	< 0,05

MO= matéria orgânica, MS= matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra digestível em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, CT= carboidrato total, CNF= carboidrato não fibroso, NDT=nutrientes digestíveis totais, CAR= consumo alimentar residual. Letras distintas nas linhas são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O CMS de animais de baixo CAR foi 9,4% menor ( $P<0,05$ ) que o CMS dos animais de médio CAR e 14,9% menor ( $P<0,05$ ) que os animais considerados de alto CAR. Portanto, animais de baixo CAR ingerindo menos MS ganharam a mesma quantidade de quilograma de peso que os demais grupos de CAR. Os animais de alto CAR consumiram 6% mais alimento por dia que os animais de médio CAR. RICHARDSON et al. (2004) relataram diferença no CMS entre os grupos de baixo e alto CAR de 6%. Enquanto que BLACK et al. (2013) encontraram uma diferença de CMS de animais mais eficientes (baixo CAR) 13,8% e 20,8% menor que animais de médio e alto CAR, respectivamente.

Dados na literatura demonstram que a seleção para CAR esta associada à seleção para animais que consomem menos, entretanto, vale salientar que não são totalmente conhecidas as implicações para a seleção para redução do consumo. Autores como CREWS JR (2004) sugerem que a seleção para CAR

pode acarretar em animais com menor capacidade de consumo, podendo gerar impactos negativos no desempenho animal, pois o desempenho está altamente associado com a ingestão de alimento.

A ingestão de nutrientes da dieta como PB, EE FDN e CT apresentaram o mesmo comportamento que o consumo de MS como era esperado já que a dieta fornecida para os animais era a mesma. Os animais baixo CAR consumiram menos nutrientes que os animais alto CAR, uma vez que o consumo de todos os nutrientes foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre os grupos de CAR, sendo maior o consumo à medida que os animais são classificados em grupos de animais menos eficientes (médio e alto CAR). Exceto para a MM, CNF e NDT que não diferiram entre os animais classificados de médio e alto CAR. Ressalta-se que o consumo desses nutrientes (MM, CNF e NDT) foi menor para animais de baixo CAR.

A seleção da dieta não diferiu entre os grupos de CAR, uma vez que a proporção dos nutrientes ingeridos foi igual para todas as classes de eficiência alimentar (Tabela 4). SILVA NETO et al. (2010) ao avaliarem a relação do CAR com a seleção da dieta de bovinos Nelore com alto e baixo CAR, através da análise química das sobras, não encontraram diferenças entre as classes de CAR.

Nota-se que os valores de NDT diferiram entre baixo e alto CAR, sendo maior valor apresentado para animais de baixo CAR. Como o NDT é calculado utilizando dados de PB digestível, EE digestível, FDN digestível e CNF digestível essa diferença não está relacionada à ingestão, mas esta relacionada ao aproveitamento dos nutrientes ao longo do trato gastrointestinal.

Tabela 4- Proporção de ingestão de MO, MM, PB, EE, FDNcp, CT, CNF e NDT dos touros classificados para baixo, médio e alto consumo alimentar residual

Proporção da ingestão dos nutrientes (%)	CAR			CV (%)	Valor P
	Baixo	Médio	Alto		
MO	96,83a	96,72a	96,77a	0,36	0,363
MM	3.17	3.27	3.22	10,75	0,363

PB	11.11	11.06	11.07	2,27	0,635
EE	3.61	3.60	3.56	3,29	0,259
FDNcp	46.64	46.63	47.10	3,87	0,480
CT	82.11	82.06	82.14	0,61	0,794
CNF	38.04	37.99	37.59	4,16	0,464
NDT	76.27a	73.67ab	71.95b	9,54	0,043

MO= matéria orgânica, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra digestível em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, CT= carboidrato total, CNF= carboidrato não fibroso, NDT= nutriente digestível total, CAR= consumo alimentar residual.

Letras distintas nas linhas são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

SHAFFER et al. (2011) também observou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os grupos de CAR para a ingestão de NDT (7,82 kg/dia para alto CAR; 6,98 kg/dia para médio CAR e 5,56 kg/dia para baixo CAR), sendo que os animais mais eficientes apresentaram menor ingestão que os animais menos eficientes com o mesmo GMD (1,12;  $P > 0,05$ ). Dados relatados por estes autores estão similares do presente estudo.

Avaliando as correlações das características de desempenho e eficiência, apresentadas na Tabela 5, observa-se que o CAR foi positivamente correlacionado com o CMS ( $r = 0,67$ ;  $P < 0,05$ ), sendo assim animais de menos eficientes (alto CAR) tendem a apresentar maior CMS. Por outro lado, o CAR não correlacionou ( $P > 0,05$ ) com o PCI, PCF e GMD, o que confirma que esta característica fenotípica é independente da taxa de crescimento e peso corporal (CREWS et al, 2005). Já as demais medidas de eficiência como a CA, EAB, TRC e IK foram altamente correlacionadas com o GMD ( $r = -0,77$ ;  $0,76$ ;  $0,85$ ;  $0,91$  respectivamente para CA, EAB, TRC e IK;  $P < 0,05$ ). Este resultado demonstra que uma seleção para essas medidas de eficiência pode acarretar em aumento gradual do peso à maturidade dos animais, tendo que essas características também estão correlacionadas com o PCMM.

A correlação entre CAR e CA do presente estudo está próximo ao encontrado na literatura que varia de 0,45 a 0,85 (ARTHUR et al, 2001; NKRUMA et al., 2007; LANCASTER et al., 2009; CRUZ et al., 2010), o que implica que o melhoramento genético baseado no CAR irá melhorar a conversão alimentar (ARTHUR & HERD, 2008).

O CAR não foi correlacionado ( $P>0,05$ ) com o TRC e IK. Como as variáveis TRC e IK são medidas de eficiência estimada, as quais consideram o PCI, PCF e GMD, justifica-se a não correlação com o CAR, já que este é independente destas variáveis. Resultados obtidos por BASARAB et al. (2003) o CAR também não foi correlacionado com o TRC e IK.

Tabela 5- Correlações fenotípicas entre diferentes características de desempenho e eficiência alimentar de touros da raça Nelore

	PCI	PCF	PCMM	GMD	CMS	CA	EAB	TCK	IK
CAR	0,00	0,00	0,00	-2,66	0,67*	0,45*	-0,49*	-0,04	-0,01
PCI		0,90*	0,97*	-0,13	0,46*	0,52*	-0,48*	-0,60	-0,52
PCF			0,98*	0,30	0,65	0,17	-0,13	-0,21*	-0,11
PCMM				0,10	0,58*	0,35*	-0,31*	-0,41*	-0,32*
GMD					0,51*	-0,77*	0,76*	0,85*	0,91*
CMS						0,14	-0,15	0,15	0,24*
CA							-0,98*	-0,88*	-0,86*
EAB								0,87*	0,85*
TRC									0,99*

\*significativo a 5% de probabilidade.

CAR= consumo alimentar residual, PCI= peso corporal inicial, PCF= peso corporal final, PCMM= peso corporal médio metabólico, GMD= ganho médio de peso diário, CMS= consumo de matéria seca, CA= conversão alimentar, EAB= eficiência alimentar bruta, TCR= taxa relativa de crescimento, IK= índice de Kleiber.

Os dados de digestibilidade aparente da dieta apresentados neste estudo torna-se consistente devido aos animais terem recebido a mesma dieta e manejo, assim a digestibilidade aparente dos nutrientes é inerente ao alimento avaliado.

Os coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes não diferiram estatisticamente ( $P>0,05$ ) entre os grupos de CAR, apesar dos animais de baixo CAR terem consumido menos nutrientes que os animais menos eficientes de médio e baixo CAR (Tabela 6).

Tabela 6- Digestibilidade aparente total dos nutrientes da dieta fornecida para touros da raça Nelore dos diferentes grupos (baixo, médio e alto) de consumo alimentar residual

Coeficiente de digestibilidade (%)	CAR			CV (%)	Valor P
	Baixo	Médio	Alto		
MO	65,85	65,37	64,80	8,52	0,748
MS	64,88	64,51	63,77	8,67	0,717
PB	69,36	68,55	68,25	11,6	0,831
EE	74,58	75,44	72,72	13,9	0,529
FDNcp	65,03	64,48	66,91	18,45	0,679
CT	64,98	64,49	63,98	9,13	0,788
CNF	66,8	66,41	62,06	21,08	0,310
NDT	69,45	69,00	68,34	8,19	0,729

MO= matéria orgânica, MS= matéria seca, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra digestível em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, CT= carboidrato total, CNF= carboidrato não fibroso, NDT= nutriente digestível total, CAR= consumo alimentar residual.

Letras distintas nas linhas são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados do presente estudo contrariam estudo de HERD et al. (2004) que relata que a digestibilidade da dieta pode ser responsável por aproximadamente 14% da variação do fenótipo CAR.

Os dados de digestibilidade encontrados na literatura, em que os animais foram alimentados com alto teor de concentrado na dieta relataram correlação negativa com o CAR (RICHARDSON et al., 2004; NKRUHMAH et al., 2006; McDONALD et al., 2010), entretanto, CRUZ et al. (2010) não encontraram correlação, quando os animais foram alimentados com relação volumoso: concentrado de 10:90. Todavia, neste último estudo foi utilizado a lignina como marcador para estimar a digestibilidade da MS, comprometendo assim os dados, pois a lignina não é um indicador ideal para dietas que contém teor baixo de volumoso, uma vez que VAN SOEST et al. (1991) consideraram a lignina um marcador interno viável para estimar a digestibilidade de matéria seca de dietas com alto teor de forragem.

Embora se espere uma redução na digestibilidade da dieta à medida que o consumo é maior que o necessário para manutenção (VAN SOEST, 1994),

devido à tendência do aumento da taxa de passagem e perdas de energia através da excreção fecal (WILLIAMS & JENKINS, 2003), mensurações relatadas pela literatura não mostram esse efeito (VAN SOEST, 1994), pelo fato que as pequenas variações na digestibilidade podem ser difíceis de serem detectadas. A redução da digestibilidade vai além da taxa de passagem, considerando também a taxa de digestão. À medida que o consumo aumenta as porções mais digestíveis da parede celular tendem a serem menos digeridas (VAN SOEST, 1994). Segundo NRC (1996) o alto consumo é negativamente correlacionado com a digestibilidade. Portanto, a menor ingestão alimentar de animais mais eficientes pode não ter sido o suficiente para influenciar na taxa de passagem e consequentemente, na digestibilidade da dieta no trato digestivo.

Revisão literária feita por HERD & ARTHUR (2009) sobre a base fisiológica para o CAR ressalta a dificuldade na mensuração precisa de diferenças na digestibilidade, e segundo autores deve-se ter cautela na atribuição da variação da digestão como maior fator na explicação das diferenças do CAR.

Segundo HUGHES & PITCHFORD (2004) as diferenças no CAR podem ir além da captura dos nutrientes ao longo do trato gastrointestinal e podem estar relacionadas a processos metabólicos.

PAULINO (2006) também não encontraram diferenças estatísticas nos coeficientes de digestibilidade de MO, MS, PB, EE, FDN, CNF entre as diferentes classes de CAR, assim como LAWRENCE et al. (2012). Nestes estudos os animais foram alimentados com dietas com maior proporção de volumoso. Segundo CHILLIARD et al. (1995) o efeito do nível de ingestão alimentar na digestão tem menor magnitude em dietas a base de forragem que em dietas com alta proporção de concentrado. Contudo, a natureza da dieta oferecida pode influenciar nos resultados. Observa-se na literatura que estudos em que os animais eram alimentados com maior quantidade de volumoso não foi encontrado correlação entre digestibilidade aparente total e CAR.

Diferenças nas classes de CAR foram estudadas por RICHARDSON et al (2001), em que foi estimada a digestibilidade de animais recebendo dietas com alto teor de volumoso ou alto teor de concentrado. Estes autores relataram que os animais de baixo CAR apresentaram maior digestibilidade de MS ( $P < 0,05$ ) que os animais de alto CAR (79,5% vs 77,3%), quando a dieta foi de alto teor de

concentrado. Em animais recebendo dieta com alto teor de volumoso estes autores encontraram tendência ( $P < 0,10$ ) da digestibilidade de MS ser maior em animais de baixo CAR.

No presente estudo o CMS foi correlacionado com os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, dados mostrados na Tabela 7. Observou-se que apenas o coeficiente de digestibilidade dos CNF correlacionou negativamente ( $-0,18$ ;  $P < 0,05$ ) com o CMS. A digestão dos CNF ao longo do trato digestivo é reduzida com a maior ingestão de MS. Sendo assim, animais de alto CAR tenderam ter menor digestibilidade de CNF que animais de baixo CAR, apesar dessas diferenças não terem sido detectadas com o teste estatístico.

Não foram encontradas correlação ( $P > 0,05$ ) entre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e CAR, exceto para o coeficiente de digestibilidade dos CNF, em que teve correlação de  $-0,23$  ( $P < 0,05$ ) com o CAR (Tabela 7). À medida que o CAR aumenta (alto CAR) a digestibilidade dos CNF é menor (Gráfico 1).

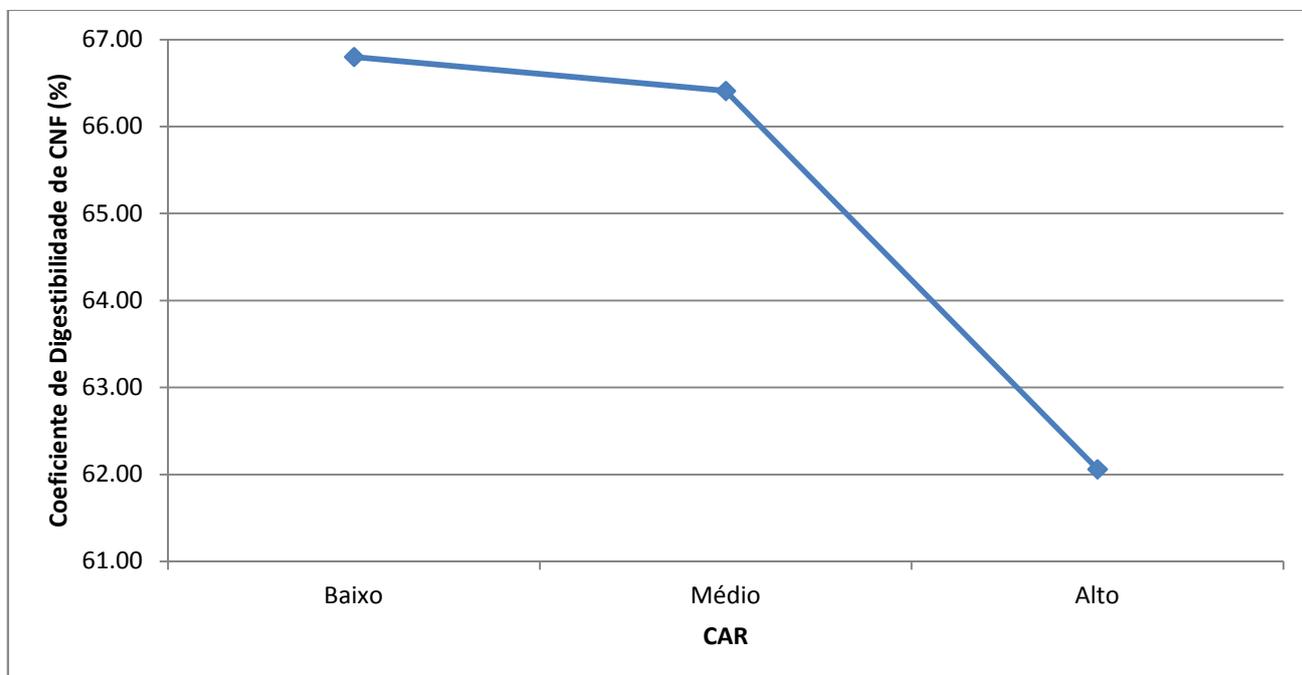
Tabela 7- Correlações entre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (MO, MS, PB, EE, FDN, CT, CNF e NDT) com o consumo de matéria seca e consumo alimentar residual de touros da raça Nelore

	Coeficiente de digestibilidade							
	MO	MS	PB	EE	FDN	CT	CNF	NDT
CAR	-0,09	-0,09	-0,00	-0,05	0,12	-0,10	-0,23*	-0,09
CMS	0,02	0,00	0,01	0,03	0,14	-0,03	-0,18*	-0,02

\*significativo a 5% de probabilidade.

MO= matéria orgânica, MS= matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDN= fibra digestível em detergente neutro, CT= carboidrato total, CNF= carboidrato não fibroso, NDT= nutriente digestível total, CAR= consumo alimentar residual, CMS= consumo de matéria seca.

Gráfico 1 – Coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (CNF) em relação aos grupos de consumo alimentar residual (CAR).



. Apesar do coeficiente de digestibilidade dos demais nutrientes não terem correlacionado com CAR, os dados de coeficiente de digestibilidade CNF indicam que a digestão dos CNF ao longo do trato gastrointestinal pode explicar variações no CAR. CHANNON et al. (2004) trabalhando com bovinos da raça Angus, Shortorn e Hereford relatou diferenças na digestão do amido entre os grupos de CAR. Esses autores relataram correlação negativa de -0,47 entre a matéria seca fecal e o CAR, uma vez que a quantidade de matéria seca fecal pode se indicativo para a digestão de amido.

STELLA (2010) trabalhou com bovinos da raça Nelore selecionados pelo CAR e observou maior eficiência no aproveitamento do amido pelos animais de baixo CAR. Neste trabalho a quantidade amido encontrado nas fezes foi semelhante para todas as classes de CAR, embora o consumo de amido foi maior em animais de baixo CAR em relação ao de CAR intermediário, mesmo com a menor ingestão de MS mensurada para os animais de baixo CAR. Além disso, os animais de alto CAR obtiveram maior teor de proteína fecal que os animais mais

eficientes, baixo CAR. Isso ocorreu possivelmente pelo maior aporte de amido presente no intestino grosso, favorecendo o crescimento microbiano.

Segundo CHANNON et al. (2004) o aumento de amido presente no intestino grosso pode ser responsável pelo aumento do teor de proteína fecal. A ineficiência da digestão de amido pode ser devido aumento da taxa de passagem da digesta pelo rúmen causada pelo maior CMS facilitando o aumento da quantidade de amido que passa pelo rúmen sem ser fermentado, este amido será fermentado no intestino grosso com perdas de proteínas microbianas nas fezes, não sendo utilizada pelo animal. Diante disso, animais de baixo CAR podem apresentar melhor aproveitamento de CNF ao longo do trato digestivo quando comparados com animais de alto e médio CAR devido a menor ingestão de MS e, conseqüentemente, menor taxa de passagem desses nutrientes, permitindo maior tempo de exposição as bactérias ruminais.

## **5. CONCLUSÕES**

Não foi encontrado diferenças no coeficiente de digestibilidade dos nutrientes para as classes de CAR. Entretanto, a digestibilidade aparente dos CNF apresentou correlação negativa com o CAR, indicando que animais de baixo CAR são mais eficientes no aproveitamento desse nutriente.

## 6. REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005, 181 f.. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
2. ARCHER, J.A., ARTHUR, P.F., HERD, R.M., RICHARDSON, E.C. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. **Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Armidale, v. 25, p. 81–84, 1998.
3. ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; PARNELL, P.F. and PITCHFORD, W.S. Optimum post weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 75, p. 2024-2032, 1997.
4. ARTHUR, J.P.F.; HERD R.M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3, suplemento especial, p. 269-279, 2008.
5. ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. 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, 2001.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES- ABIEC. Estatística on line 2013. Disponível em: <http://www.abiec.org.br>. Acesso em: 05 de janeiro de 2014.
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Arlington, VA, 1015 p., 2005.

8. BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S. Residual feed intake: Animal performance, carcass quality and body composition. **Proceeding...Queensville: Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2004.**
9. 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 Animal Science**, Ontio, v. 83, n.2, p. 189-204, 2003.
10. BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; CARRILHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 987-996, 2005.
11. BERCHIELLI, T. T.; VEJA-GARCIA,A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PERES, A.V.; OLIEIRA,S.G. **Nutrição de Ruminantes**.2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. cap.14, p. 415-438.
12. BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. et al. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.830-833, 2000.
13. BERRY, D.P.; CROWLEY, J.J. Residual intake and body weight gain: A new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 109-115, 2012.
14. BLACK, T.E.; BISCHOFF, K.M.; MERCADANTE, V.R.G.; MARQUEZINI, G.H.L.; DiLORENZO, N.; CHASE, C.C.; COLEMAN, S.W.; MADDOCK, T.D.; LAMB, G.C. The relationships among performance, residual feed intake, and temperament assessed in growing beef heifers and subsequently as three-year-old lactating beef cows. **Journal Animal Science** [on line], v.91, jas.2012-5242; published ahead of print March 5, 2013. Disponível em :

<http://www.journalofanimalscience.org/content/early/2013/03/05/jas.2012-5242>.

Acesso em: 18 de março de 2013.

15. BRANCO, R. H. et al. Consumo alimentar residual de machos Nelore selecionados para peso pós-desmame. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009. Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009. (CD-ROM).
16. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2012/2013 a 2022/2023 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : Mapa/ACS, 2013. 96 p.
17. CARSTENS, G.E.; KERLEY, M.S. Residual feed intake: an alternative measure of feed efficiency for beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82(Suppl.), p. 409- 421, 2004.
18. CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; CUNHA, M.; DETMANN, K.S.C.; PAULINO, M.F. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira e Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.130-138, 2009.
19. CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira e Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.335-342, 2008.
20. CASTILHOS, A.M. Eficiência alimentar e desempenho de bovinos Nelore selecionados para peso pós-desmame, 2009. 85f., Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

21. CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R.H.; CORVINO, T.S.L.; BONILHA, S.F.M.; FIGUEIREDO, L.A. Feed efficiency of Nelore cattle selected for post weaning weight. . **Revista Brasileira e Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2486-24933, 2010.
22. 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 Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.40, n.2, p.301-307, 2011.
23. CASTRO BULLE, F. C. P. et al. Growth, carcass quality and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, p.928-936, 2007.
24. CHANNON, A. F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. Collingwood, v.44, p.469–474, 2004.
25. CHILLIARD, Y.; DOREAU, M.; BOCQUIER, F.; LOBLEY, G.E. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to variations in food supply. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITION OF HERBIVORES, 4ed., 1995, Paris, FR. **Proceedings...** Paris, FR: Inra, 1995. p. 329-360.
26. CREWS JR ,D.H. Genetic evaluation of efficient feed utilization in beef cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American society of Animal Science, 2004, p. 119-120.
27. CREWS, D. H. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.4 p.152-165, 2005.
28. CREWS, D.H. Jr; HANNON, N.H.; GENSWEIN, B.M.A.; CREWS, R.E.; JOHNSON, C.M.; KENDRICK, B.A. Genetic parameters for net feed efficiency of

- beef cattle measured during post weaning growing versus finishing periods. **Proc Western Section American Society of Animal Science**. v. 54, p. 125-128, 2003.
29. CROWLEY, J. J. et al. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, p.885-894, 2010.
30. CRUZ, G.D.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, J.A.; OLTJEN, J.W. and SAINZ, D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 88, p. 324-329, 2010.
31. DEL CLARO, A.C.; MERCADANTE, A.E.Z.; SILVA, J.A.V. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e suas características componentes em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p. 302-310, 2012.
32. DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, p.1600-1609, 2001.
33. FAN, L.Q.; BAILEY, D.R.C.; SHANNON, N.H. Genetic parameter estimation of post weaning gain, feed intake, and feed efficiency for Hereford and Angus bulls fed two different diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.365-372, 1995.
34. FITZHUGH Jr., H.A.; TAYLOR, C.S. St. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.33, p. 717-725, 1971.
35. GIBB, D.J.; MACALLISTER, T.A. The impact of feed intake and feeding behavior of cattle on feedlot and feedbunk management. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 20., 1999, Calgary. **Proceedings...** Calgary: University of Alberta, 1999, p.101-116.

36. HERD, R. M.; ARCHER J. A. AND 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 (E. Suppl), p. E9-E17, 2003.
37. HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**. Champaign ,v. 87 (E.Suppl.), p. E64-E71, 2009.
38. 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**, Amsterdam, v. 63, p. 111-119, 2000.
39. HERD, R.M.; ODDY, V.W.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in cattle.1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.423-430, 2004.
40. HICKS, R.B.; OWENS. F.N.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; LAKE, R.P. Daily dry matter intake by feedlot cattle: Influence of breed and gender. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 68, p. 245-253, 1990.
41. HOQUE, M.A.; ARTHUR, P.F.; HIRAMOTO, K.; OIKAWA, T. Genetic relationship between different measures of feed efficiency and its components traits in Japanese Black (Wagyu) bulls. **Livestock Science**.v.99, p. 111-118, 2006.
42. HUGHES, T.E.; PITCHFORD,W.S. Direct response to selection for post-weaning net feed intake and correlated responses in post weaning growth, intake, gross digestibility and body composition. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Collingwood, v.44, n.5, p. 489-500, 2004.
43. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 1-65, 2010. ISSN 0101-4234.

44. KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS JR, D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, D.A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, p.109-123, 2010a.
45. KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS JR, D.H.; LYNCH, C.O.; WYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KENNY, D.A. Relationship between body measurements metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. **Livestock Production Science**, v.135, p.8-16, 2010b.
46. KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food utilization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 1936b, p.247-258, 1936.
47. KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.22, p.489-494, 1963.
48. LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.87, p.1528-1539, 2009.
49. LAWRENCE, P.; KENNY, D.A.; EARLEY, B.; MCGEE, M. Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. **Animal**, v.6, p. 1648-1661, 2012.
50. LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p.347-358, 1996.
51. LIU, M.F.; OONEWARDENE, L.A.; BAILEY, D.R.C.; BASARAB, J.A.; KEMP, R.A.; ARTHUR, P.F.; OKINE, E.K.; MAKARECHIAN, M. A study in the variation of feed

- efficiency in station tested beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.80, p.435-441, 2000.
52. LUCILA-SOBRINHO, T.; 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 Nelore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.40, n.4, p.929-937, 2011.
53. McDONALD, T.J.; NICHOLS, B.M.; HARBAC, M.M.; NORVELL, T.M.; PATERSON, L.A. Dry matter intake is repeatable over parities and residual feed intake is negatively correlated with dry matter digestibility in gestating cows. **Proc. Western Section of American Society of Animal Science**, Colorado, v.61, p. 21-24, 2010.
54. MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; QUEIROZ, M.F.S.; RIVIERA, A.R. Diferentes procedimentos na determinação de indicadores internos para estimativa de produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca em bovinos. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.32, n.2, p. 213-218, 2010.
55. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 242p.
56. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
57. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of beef cattle**. 7ed. Washington: National Academy Press, 1996, 242p.
58. NIELSEN, M.K. Genetic variation in feed utilization: selection responses in mice. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, p.119, 2004.

59. NIEUWHOF, G. J. et al. Genetic relationships between feed intake, efficiency and production traits in growing heifers and lactating heifers. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 32, p. 189-202, 1992.
60. NKRUMAH, 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 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.
61. NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, p. 2711-2720, 2007.
62. NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISOM, G.W.; SCHNID, K.; LI, C.; BASARAB, J.A.; PRICE, M. A.; WANG, Z.; MOORE, S.S. 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.
63. OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A.; MIR, P.; MIR, Z.; PRICE, M.A.; ARTHUR, P.F.; MOORE, S.S. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? **Proceedings of the Canadian Society of Animal Science**, Saskatoon, 2003.
64. PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 183f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
65. RICHARDSON, E. C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H. Variation in body composition, activity and other physiological processes and their associations with

- feed efficiency. In: **Proc. Feed Efficiency Workshop. CRC for Cattle and Beef Quality**. Amidale: University of New England, 2001, p. 46-50.
66. RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. Collingwood, v.44, p. 431-440, 2004.
67. 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.
68. RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F.; WRIGHT, J.; XU, G.; DIBLEY, K.; ODDY, V.H. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. **Australian Society of Animal Production**. Wagga Wagga, v.21, p. 103-106, 1996.
69. RUSSELL, R.W.; GAHR, S.A. Glucose availability and associated metabolism. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm Animal Metabolism and Nutrition**, Wallingford: CAB International Publishing, 2000. Cap.6, p. 121-147.
70. SHAFFER, K. S. ; TURK, P. ; WAGNER AND, W. R. AND FELTON, E. E. D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.89, p. 1028-1034, 2011.
71. SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. São Paulo: Livroceres, 1979, 384p.
72. SILVA NETO, P.Z. et al. Relações entre seleção de dieta e consumo alimentar residual em bovinos Nelore confinados. II Composição química das sobras alimentares. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, Bahia. **Anais...Bahia: SBZ**, 2010.

73. SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p.3562-3577, 1992.
74. STELLA, T.R. Desempenho, característica de carcaça e parâmetros fecais indicativos da digestão de amido e suas relações com a eficiência alimentar de bovinos Nelore. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2010. 63f. Dissertação (Mestre em Zootecnia)- Universidade de São Paulo, Pirassununga.
75. THE R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. 1706 p. Disponível em: <http://cran.r-project.org/doc/manuals/refman.pdf>. Acesso em 19 novembro 2012.
76. VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press; Comstock Publish, 1994. p. 476.
77. VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-359, 1991.
78. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIDGEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.). **Standardization of analytical methodology for feeds**. Ottawa: International Development Research Centre, 1980. p.49-60.
79. WANG, Z.; NKURUMAH, J. D.; LI, C.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, L. A.; OKINE, E. K.; CREWS JR., D. H.; MOORE, S. S. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 84, p.2289–2298, 2006

80. WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 1390-1398, 2003.
81. ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. et al. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1865-1874, 2002.