

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto De Ciencias Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal

Luís Miguel Gonçalves Fernandes

**AVALIAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL, DESEMPENHO E
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA EM BOVINOS DA RAÇA NELORE**

Montes Claros
2020

Luís Miguel Gonçalves Fernandes

**AVALIAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL, DESEMPENHO E
CARACTERÍSTICAS DE CARÇA EM BOVINOS DA RAÇA NELORE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Animal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Amália Saturnino Chaves

Coorientadora: Dra. Luiza Rodrigues Alves Abreu

Montes Claros

2020

Fernandes, Luís Miguel Gonçalves.

F363a
2020

Avaliação entre consumo e ganho residual, desempenho e características de carcaça em bovinos da raça Nelore [manuscrito] / Luís Miguel Gonçalves Fernandes. Montes Claros, 2020.
52 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal.
Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Amália Saturnino Chaves

Banca examinadora: Leandro Sâmia Lopes, Luciana de Castro Geraseev, Luiza Rodrigues Alves Abreu, Amália Saturnino Chaves.

Inclui referências: f. 24- 28; 39-42.

1. Bovinos de corte -- Teses. 2. Matéria seca na nutrição animal -- Teses.
3. Eficiência alimentar -- Teses. 4. Gordura subcutânea -- Teses. 5. Gordura intramuscular -- Teses.. I. Chaves, Amália Saturnino. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.2.033



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 28 dias do mês de fevereiro de 2020 às 9:00 horas, sob a Presidência da Professora Amália Saturnino Chaves, D. Sc. (Orientadora/UFJF) e com a participação dos Professores Luiza Rodrigues Alves Abreu, D. Sc. (Coorientadora/UFVJM), Leandro Sâmia Lopes, D. Sc. (EV/UFMG) e Luciana de Castro Geraseev, D. Sc. (ICA/UFMG), reuniu-se a Banca de defesa de dissertação de **LUÍS MIGUEL GONÇALVES FERNANDES**, aluno do Curso do Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada "Análise entre consumo e ganho residual, desempenho e caracterização de carcaça em bovinos da raça Nelore"

foi expresso pelo conceito "78" (nota C), sendo o aluno considerado (aprovado/reprovado) aprovado. E, para constar, eu, Professora Amália Saturnino Chaves, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

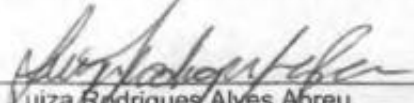
OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 64 do regulamento do Curso do Mestrado em Produção Animal, conforme apresentado a seguir:

Art. 64 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

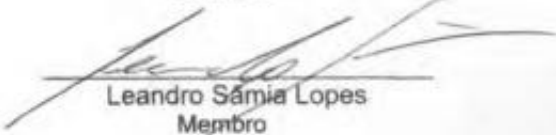
Montes Claros, 28 de fevereiro de 2020.



Amália Saturnino Chaves
Orientador



Luiza Rodrigues Alves Abreu
Coorientadora



Leandro Sâmia Lopes
Membro



Luciana de Castro Geraseev
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia ao me conceder sabedoria, e me conduzir a mais uma vitória em minha vida.

A minha mãe Elisângela, por ser meu espelho, minha maior incentivadora. Busco dar o meu melhor diariamente, e sem você essa conquista não seria possível. Obrigado por nunca ter desacreditado dos meus sonhos. Eu te amo muito.

Aos meus irmãos Maria Elisa e Luis Eduardo, que mesmo em meio a algumas brigas de irmãos, são especiais e fundamentais em minha vida.

Ao meu avô Zé Adão, por fazer tanto mim e por ter me apresentado a vida no campo. Se estou prestes a conquistar esse título, foi graças a você que me ensinou tanto, e plantou essa “semente” em mim. A minha avó Nica, por ser exemplo de fé, e por ser tão especial na minha vida, sempre me fazendo acreditar que dias melhores virão.

As minhas tias Eliane e Leninha por serem especiais e me apoiarem em minhas escolhas diárias. Aos meus primos Aléxia e João Victor por serem especiais.

A Prof. Amália, pela amizade, ensinamentos, paciência, e compreensão em me ouvir, e ter se prontificado a trabalhar com um tema de minha maior afinidade.

A Luiza, minha co-orientadora, que conjuntamente com o prof. José Aurélio Bergman, me cederam os dados para execução desse trabalho.

Aos meus professores do ICA e também amigos, Profa. Anna Cristina, Prof. Eduardo Robson, Profa. Luciana Geraseev, por me acompanharem desde a graduação, pelos “puxões de orelha”, e por serem fundamentais nessa conquista.

Agradeço ao ICA/UFMG, por ter sido minha casa por seis anos e meio. Foram anos de muita luta, conquistas, e de momentos inesquecíveis.

Aos meus amigos de Montes Claros, os quais são pessoas especiais que levo para onde for. Sou muito grato a tudo o que vivi nessa cidade, e nessa universidade. Levo comigo momentos de muitas alegrias, festas, histórias, diversões, risos, e alguns choros também, porém, de muito aprendizado e crescimento.

Aos meus amigos Camila Araújo, Larissa, e João Victor, por terem me ouvido muito nesses últimos meses. Obrigado pela amizade, atenção e afeto. A todos os meus amigos de Felixlândia, pela amizade que sobrevive em meio a distância.

Aos meus amigos e companheiros de graduação Kariny, Carol, Idael e Lane, pela amizade que perdura além da graduação, e por estarem sempre dispostos a me ajudar.

À UFV, ao Departamento de Zootecnia, e a Viçosa por terem me acolhido durante o último período do mestrado.

A Profa. Renata Veroneze pela atenção para comigo em Viçosa, que conjuntamente com o Grupo em Discussão em Genética e Melhoramento Animal (GDMA), me receberam tão bem na UFV, fazendo com que esse período fosse de grande aprendizado, e de ótimos momentos compartilhados.

Aos meus amigos que fiz em Viçosa, em especial a Jana e Rayane, pela amizade e por terem me acolhido tão bem em Viçosa. Como foi bom conviver com vocês!

Agradeço a Fazenda Rancho da Matinha e ao Dr. Luciano Borges, pela confiança e concessão dos dados.

Deixo aqui os meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão do meu mestrado.

Muito obrigado!

“É exatamente disso que a vida é feita, de momentos. Momentos que temos que passar, sendo bons ou ruins, para o nosso próprio aprendizado. Nunca esquecendo do mais importante: nada nessa vida é por acaso. Absolutamente nada. Por isso, temos que nos preocupar em fazer nossa parte, da melhor forma possível. A vida nem sempre segue a nossa vontade, mas ela é perfeita naquilo que tem que ser.”

Chico Xavier

“Whatever is your dreams, keep walking.”

Jhonnie Walker

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as associações entre desempenho e características de carcaça em bovinos da raça Nelore, classificados quanto ao consumo e ganho residual (CGR). Foram avaliados dados de 895 bovinos machos da raça Nelore, provenientes de 7 provas de eficiência alimentar realizadas de 2011 a 2014 na fazenda Rancho da Matinha, em Uberaba-MG. A priori foram determinados o consumo alimentar residual (CAR) e o ganho residual (GR). A partir disso, o CGR foi calculado somando $(-1 \times \text{CAR})$ com o GR. Os animais foram agrupados com base em duas classes diferentes de CGR, animais eficientes ($>$ média + 0,5 desvio padrão (DP), $n = 275$ animais) e animais ineficientes ($<$ média - 0,5 DP, ineficientes; $n = 291$), e o restante foram os animais intermediários (média \pm 0,5 DP; $n = 329$), que não foram incluídos no cálculo estatístico. Os dados foram submetidos a análises de variância, e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram estimadas correlações de Pearson entre características de desempenho, carcaça e classificação de CGR. Os animais eficientes para CGR apresentaram maior ganho de peso diário (GPD) e maior área de olho de lombo (AOL) ($P < 0,001$) em relação aos animais ineficientes. Foram observadas correlações fenotípicas negativas ($P < 0,001$) entre o CGR e consumo de matéria seca (CMS; $r = -0,51$) e o CAR ($r = -0,98$). Dessa forma, o CGR é uma medida que pode ser utilizada para identificar e selecionar animais com maiores taxas de ganho de peso, e de maiores AOL, entretanto deve ser utilizado com cautela, pois pode estar relacionado com o aumento do tamanho corporal e conseqüentemente aumentar o peso a maturidade dos animais.

Palavras-chave: bovinos de corte; consumo de matéria seca; eficiência alimentar; espessura de gordura subcutânea; marmoreio.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the associations between performance and carcass traits in Nellore cattle, classified according to residual feed intake and gain (RIG). Data from 895 male Nellore cattle were evaluated, from 7 feed efficiency tests carried out from 2011 to 2014 at the Rancho da Matinha farm, in Uberaba-MG. A priori, residual feed intake (RFI) and residual gain (RG) were determined. From this, the RIG was calculated by adding $(-1 * CAR)$ with the RG. The animals were grouped based on two different classes of RIG, efficient animals ($> \text{average} + 0.5 \text{ standard deviation (SD)}$), $n = 275$ animals) and inefficient animals ($< \text{average} - 0.5 \text{ SD}$, inefficient; $n = 291$), and the rest were intermediate animals ($\text{mean} \pm 0.5 \text{ SD}$; $n = 329$), which were not included in the statistical calculation. The data were subjected to analysis of variance, and the comparison of means was performed by the Tukey test at 5% probability. Pearson correlations were estimated between performance, traits carcass and RIG classification. RIG-efficient animals showed greater daily weight gain (DWG) and greater ribeya area (RA) ($P < 0.001$) compared to inefficient animals. Negative phenotypic correlations ($P < 0.001$) between CGR and dry matter intake (DMI; $r = -0.51$) and RFI ($r = -0.98$) were observed. Thus, the RIG is a measure that can be used to identify and select animals with higher rates of weight gain, and greater RA, however it should be used with caution, as it may be related to the increase in body size and consequently increase the weight the maturity of the animals.

Keywords: feed efficiency; dry matter intake; beef cattle; subcutaneous fat thicknes; marbling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relationship between efficient animals for residual intake and gain (RIG) and residual feed intake (RFI, kg DM/day). The figure shows the animals efficient for RIG (N = 275), and the classification of efficient (N = 219) and intermediate (N = 56) are represented by the animals divided into RFI44

Figura 2 - Relationship between residual intake and gain (RIG) and daily weight gain (DWG) of Nellore cattle, with the classification of efficient, intermediate, and inefficient being represented by animals divided into RFI44

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Índices utilizados para mensuração da eficiência alimentar e suas definições..... 17

ARTIGO

Table 1. Description of the feed efficiency tests of male Nellore Cattle40

Table 2. Descriptive statistics of performance and carcass traits of Nellore cattle submitted to feed efficiency tests.....41

Table 3. Classification for Nellore males maintained in feed efficiency tests classified as efficient and inefficient for residual intake and gain (RIG). N = 89542

Table 4. Phenotypic correlations between characteristics measured in Nellore males maintained in feed efficiency tests43

Supplementary table – Chemical composition of the experimental diets.....45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR.....	16
3.2	CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	18
3.3	GANHO RESIDUAL (GR).....	20
3.4	CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR).....	22
3.5	REFERÊNCIAS	25
4	ARTIGO.....	30
4.1	RESIDUAL FEED INTAKE AND GAIN CHANGES THE PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS IN NELLORE CATTLE	30
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte está entre os três segmentos agropecuários mais importantes do Brasil. Só em 2018, este setor movimentou mais de R\$597 bilhões. O volume de carne bovina produzido em 2018 quando comparado com 2017, saiu de 10.293 mil toneladas para 10.959 mil toneladas. Em relação a exportação, foi constatado um aumento de 240 toneladas equivalentes de carcaça em relação a 2017 (ABIEC, 2019).

No atual cenário da pecuária de corte as medidas de eficiência alimentar estão entre as principais características avaliadas e relacionadas ao sucesso econômico dessa atividade, pois permitem reconhecer indivíduos que consomem menores quantidades de alimentos para determinado nível de produção (MENDES; CAMPOS, 2016).

Dessa forma, quando a seleção de bovinos é feita levando-se em consideração características indicadoras de eficiência alimentar, maior será a produtividade e conseqüentemente a lucratividade dos sistemas produtivos, pois a utilização de insumos agrícolas será reduzida (LIMA; PEREIRA; RIBEIRO, 2014; SAVIETTO; BERRY; FRIGGENS, 2014), isto porque dentre os custos produtivos, a alimentação representa o maior deles, podendo representar até 90% dos custos totais na produção de bovinos. Entretanto, tal porcentagem varia em função do grau de exploração da atividade e da etapa produtiva dos animais (ARTHUR *et al.*, 2004; FORBES, 2007).

Além da questão econômica, a seleção voltada para eficiência alimentar também é importante do ponto de vista ambiental, pois animais mais eficientes apresentam menores taxas de emissão metano do que os ineficientes, sendo um fator relevante para promoção de uma maior sustentabilidade ambiental (NKRUMAH *et al.*, 2006; HEGARTY *et al.*, 2007).

Entre os índices avaliadores de eficiência alimentar podem ser destacados a eficiência alimentar (EA) propriamente dita (BRODY, 1945), a conversão alimentar (CA; BRODY, 1945), o consumo alimentar residual (CAR) e o ganho residual (GR; KOCH *et al.*, 1963), e o consumo e ganho residual (CGR; BERRY; CROWLEY, 2012).

Entre as medidas de eficiência alimentar, o CAR é um dos mais populares, e pode ser definido entre a diferença entre o consumo de matéria seca (CMS) mensurado e o consumo de matéria seca predito por regressão múltipla entre o peso vivo metabólico médio (PVMM) e do ganho médio diário (GPD) (KOCH *et al.*, 1963). Seguindo a mesma filosofia do CAR, os mesmos autores também propuseram o GR, que pode ser

definido através da diferença entre o ganho individual observado e o ganho predito por equação de regressão composta entre o CMS e o PVMM. Só mais recente, Berry e Crowley (2012), propuseram o CGR, que fez a junção entre o CAR e o GR.

Todavia, Archer *et al.* (1999), salientaram que a EA quando utilizada como critério de seleção, provocaria seleção indireta de animais de maior peso a maturidade, e conseqüentemente, maior consumo. O que não ocorreria com o CAR, pois é possível identificar animais com taxas metabólicas basais mais baixas para um mesmo nível de produção, independente do peso vivo do animal (BASARAB *et al.*, 2003).

Embora seja utilizado como índice de seleção para eficiência alimentar, animais eficientes para CAR podem apresentar carcaças mais magras (ARCHER *et al.*, 1999; BASARAB *et al.*, 2003; ROBINSON; ODDY, 2004). Como alternativa, o CGR permite identificar indivíduos com maiores taxas de crescimento, ou seja, maior ganho de peso diário, e paralelamente, seleciona animais com menor consumo alimentar, sem que dessa forma o peso vivo seja afetado. Dessa maneira, com o uso do CGR é possível diferenciar os animais que permanecerão por menor período no confinamento, e que consomem menor quantidade de alimento (BERRY; CROWLEY, 2012).

Contudo, ainda são baixos os números de estudos envolvendo o CGR, sugerindo a necessidade de verificar as associações entre este índice, composição corporal, qualidade de carne e variáveis de desempenho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o consumo e ganho residual (CGR), e suas associações com características de desempenho e de carcaça em bovinos Nelore submetidos a provas de eficiência alimentar.

2.2 Objetivos específicos

- Classificar os animais das provas de eficiência alimentar em ineficientes e eficientes para CGR;
- Estudar as variações fenotípicas entre animais eficientes e ineficientes para CGR em relação ao desempenho e características de carcaça;
- Determinar as correlações fenotípicas entre CAR, GR, CGR, variáveis de desempenho e características de carcaça.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Índices de eficiência alimentar

Avaliar eficiência alimentar de bovinos é de fundamental importância, visto que no atual cenário de produção de carne, é imprescindível que os animais sejam eficientes em converter alimentos em músculo e gordura. Desde a década de 60 já eram relatados diversos índices para se medir eficiência alimentar na literatura (ARCHER *et al.*, 1999). Alguns destes índices são mostrados na Tabela 1.

A eficiência alimentar bruta (EA) em bovinos de corte pode ser obtida pela relação entre o ganho de peso diário (GPD) e o consumo de matéria seca (CMS) (ARCHER *et al.*, 1999). Herd e Bishop (2000) alertam sobre o fato de que quando a seleção é feita com base na EA, animais de maior *frame-size* seriam selecionados indiretamente. Em razão deste tipo de seleção, maior seria o tamanho a maturidade dos animais, e conseqüentemente, maior a exigência de nutrientes dos mesmos. Se tratando de sistemas economicamente viáveis, isto não seria desejável, pois devido ao aumento do tamanho dos animais, maiores serão o consumo de alimentos, e o gasto com alimentação (ARCHER *et al.*, 1999).

Outro índice muito utilizado nos programas de melhoramento genético é a conversão alimentar (CA), que foi descrita inicialmente por Brody (1945). A CA é obtida pela razão entre a quantidade de alimento ingerida em função de cada kg de ganho. Neste caso, menores valores são favoráveis.

No entanto, assim como na EA, a seleção pautada em CA pode acarretar maior peso a maturidade, e aumento das exigências de manutenção e de ganho dos animais (ARCHER *et al.*, 1999). Todavia, em alguns casos onde o peso a maturidade do rebanho não seja alterado, como por exemplo em estudos experimentais em confinamentos, nos quais os pesos a maturidade dos animais não sejam alterados, recomenda o seu uso como medida indicativa de eficiência alimentar (ARCHER *et al.*, 1999).

O índice de Kleiber ou taxa de Kleiber (IK), foi proposto por Kleiber (1936), e é dado pela razão entre o GPD proporcionalmente a cada unidade de kg de PVMM, sendo que maiores valores são favoráveis. Os altos valores de IK sugerem maior diluição nas exigências de manutenção. Um dos empecilhos de se trabalhar com a maioria dos índices

de eficiência alimentar é mensurar com exatidão o consumo individual dos indivíduos, o que torna o IK vantajoso, pois para mensurá-lo não é necessário medir o consumo individual dos animais. Porém, essa medida como leva em consideração o PVMM em seu cálculo, pode também aumentar o peso adulto dos animais.

Tabela 1 – Índices utilizados para mensuração da eficiência alimentar e suas definições

Mensurações	Definição
EA	$EA = GPD/CMS$
CA	$CA = CMS/GPD$
CAR	$CAR = CMS_{So} - CMS_{Sp}$ ($CMS_{Sp} = \beta_0 + \beta_1 \times GPD + \beta_2 \times PVMM$)
EPC	$EPC = GPD / (CMS - E(CMS_m))$
IK	$IK = GPD / PV^{0,75}$
EFM	$EFM = GPD/CMS_m$
GR	$GR = GPD_o - GPD_p$ ($\beta_0 + \beta_1 \times (PVMM) + \beta_2 \times (CMS)$)
CGR	$CRG = -1 \times CAR + GR$

EA= Eficiência alimentar; CA= Conversão alimentar; CAR= Consumo alimentar residual; EPC= Eficiência parcial de crescimento; IK= Índice de Kleiber; EFM= Eficiência para manutenção; GR= Ganho residual; CGR= Consumo e ganho residual; CMS= Consumo de matéria seca; CMS_o= CMS observado; CMS_p = CMS predito; PVMM= Peso vivo metabólico médio; GPD= Ganho de peso diário; GPD_o= GDP observado; GPD_p= GDP predito; CMS_m= CMS para manutenção; PV= Peso Vivo; adaptado de Hill (2012).

A taxa de crescimento relativo (TCR) indica a potencialidade do crescimento relativo à maturidade, e pode ser obtida pela razão da diferença entre o logaritmo do peso vivo final (PV_f) e do logaritmo peso vivo inicial (PV_i), em relação aos dias de teste (FITZHUGH; TAYLOR JR, 1971). No entanto, a TCR pode alterar negativamente o peso a maturidade dos animais, visto que o GPD e o PV_f são considerados em seu cálculo.

Um dos grandes desafios da seleção para eficiência alimentar é sugerir um índice entre os relatados na literatura para ser tomado como critério de seleção em programas de melhoramento genético, pois as respostas correlacionadas e indiretas variam de acordo com cada um dos índices. Archer *et al.* (1999) não aconselham serem utilizados somente um dos índices, e sim os que atendam os diferentes objetivos de seleção pré-determinados dentro dos sistemas de produção.

3.2 Consumo Alimentar Residual (CAR)

Um dos índices para obtenção da eficiência alimentar que não provocaria seleção indireta para tamanho a maturidade, pois leva em consideração as exigências de manutenção e produção dos animais é o consumo alimentar residual (CAR). Proposto por Koch *et al.* (1963), o CAR pode ser definido pela diferença entre o consumo de matéria seca observado e o predito, sendo o predito obtido por regressão múltipla do CMS observado em função do PVMM e do GPD. Deste modo, como o CAR é ajustado para peso e ganho do animal, não seriam selecionados animais de maior peso à maturidade, permitindo identificar indivíduos que apresentam menor CMS do que o esperado, sendo dessa maneira, animais mais rentáveis a atividade (BASSARAB *et al.*, 2003).

Levando em conta os estudos feitos por Koch *et al.* (1963), Arthur *et al.* (2001) propuseram um modelo matemático para determinação do consumo predito:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 GPD + \beta_2 PVMM + \varepsilon_i$$
, sendo Y_i = consumo de matéria seca predito para o animal i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = coeficiente de regressão parcial sobre GPD; β_2 = coeficiente de regressão parcial sobre PVMM; ε_i = erro residual do consumo predito do animal i .

Os animais que apresentam CAR negativo são mais eficientes aos que apresentam CAR positivo, pois apresentam menor CMS do que o predito para determinado ganho de peso, ou seja, são menos exigentes em nutrientes para manutenção e crescimento.

O CAR apresenta herdabilidade de moderada a alta (ARTHUR *et al.*, 2001; ROLFE *et al.*, 2011) e entre os contribuintes para a variação do CAR podem ser citados: a ingestão de alimentos e sua digestão, o próprio metabolismo do animal e a sua atividade física e termorreguladora (HERD; ARTHUR, 2009). Pesquisas com índices fisiológicos vêm sendo realizadas com intuito de possibilitar a identificação de variáveis que auxiliarão na identificação de animais de CAR's superiores, no entanto, se faz necessário maior número de estudos com estes índices, pois os resultados na literatura ainda são divergentes (LIMA; PEREIRA; RIBEIRO, 2013).

Aldrighi *et al.* (2019) avaliaram as relações entre comportamento ingestivo, temperamento e o CAR em 62 machos e 56 fêmeas da raça nelore. Os animais foram

classificados em eficientes, intermediários e ineficientes segundo seus respectivos CAR's. Foram relatados valores para CMS de 5,60 kg/dia (eficientes), 6,0 kg/dia (intermediários), e 6,34 kg/dia (ineficientes), ou seja, os animais eficientes para CAR consumiram 13% a menos do que os ineficientes, e 7% a menos do os indivíduos intermediários.

Castro Bulle *et al.* (2007) ao estudarem 24 novilhos (Angus x Hereford) confinados por 122 dias, observaram dois grupos de animais: um com CAR positivo (0,38 kg/dia), e outro com CAR negativo (-0,36 kg/dia). Os novilhos apresentaram CMS de 7,52 kg/dia (grupo positivo) vs. 6,61 kg/dia (grupo negativo). Os resultados evidenciam a importância do CAR quando utilizado como índice indicador de eficiência alimentar para a seleção de indivíduos visando diminuição dos custos de produção com alimentação.

No entanto, diversos estudos (ARCHER *et al.*, 1999; BASARAB *et al.*, 2003; CARSTENS *et al.*, 2002; ROBINSON; ODDY, 2004; HERD *et al.*, 2009; SANTANA *et al.*, 2014; CEACERO *et al.*, 2016) já evidenciaram associação do CAR com a composição do ganho de peso, e que indivíduos eficientes para CAR apresentam tendência a ter carcaças mais magras, com acabamento mais escasso e com menores teores de gordura intramuscular e abdominal. Para a indústria frigorífica, e também para o mercado consumidor, carcaças menos acabadas trazem uma série de consequências, tais como: diminuição do valor das carcaças devido aos danos visuais causados pela falta de acabamento, maior perda de peso das carcaças durante o resfriamento, encurtamento das fibras musculares e conseqüentemente produção de carnes mais duras, e também menor rendimento de carcaça (MULLER, 1987; COSTA *et al.*, 2002; LAWRIE *et al.*, 2005; KUSS *et al.*, 2005)

Nascimento *et al.* (2016) ao estudarem índices de eficiência alimentar e suas correlações com características de carcaças em 575 novilhos Nelore, observaram que os animais mais eficientes (CAR negativo), apresentaram correlação positiva para AOL e menores proporções de gordura intramuscular (11,8% a menos), além de apresentaram carne com maior teor de dureza. Entretanto não foi verificado diferença significativa para EGS nos animais.

Santana *et al.* (2012) avaliando eficiência alimentar em 46 animais Nelore e suas correlações com medidas de ultrassonografia para as características de AOL, EGS e espessura de gordura na alcatra, observaram que os animais eficientes para CAR

apresentaram carcaças mais magras, e conseqüentemente menores reservas corporais. Paulatinamente, quando a seleção é feita com base no CAR, Santana *et al.* (2012) recomendaram ajustar o modelo estatístico para EGS, pois animais com menores taxas de deposição de gordura subcutânea, em tese, demoram mais a atingir o valor mínimo de gordura necessário para a indústria frigorífica, sendo animais mais tardios e que elevarão os custos de produção pois permaneceriam por um maior período na fase de terminação (YOKOO *et al.*, 2009).

Lawrence *et al.* (2014) determinaram a variação fenotípica do CAR em novilhas prenhas das raças Simental, e ½ Simental ½ Holandês classificadas em eficientes e ineficientes para CAR. Apesar dos animais eficientes consumirem 17% a menos do que os animais ineficientes, foi observado mortalidade de seus bezerros duas vezes maior do que os animais ineficientes para CAR, e quando o CAR foi ajustado para gordura ou frequência de alimentação, este valor pode ser 2,2 a 3,0 vezes maior. Os autores não constataram diferença significativa para peso ao nascer e problemas de parto para os dois grupos. No entanto, Randel e Welsh (2013) estudando a variação em unidades de CAR em 73 novilhas prenhas das raças Simental, e ½ Simental ½ Holandês, relataram uma redução de 7,54 dias na idade a puberdade para cada unidade de aumento do CAR. Sendo assim, Rangel e Welsh (2013) concluíram que a seleção pautada em animais de baixo CAR teria como consequência fêmeas mais magras, de puberdade mais tardia, pois há forte relação entre a gordura corporal e retorno da atividade reprodutiva pós-parto.

Gonzalves-recio *et al.* (2014) estimaram as correlações genômicas entre o CAR, e algumas características relevância econômica (CMS, características de desempenho, produção de leite, e algumas características relacionadas com fertilidade). Foram avaliados fenótipos de 843 novilhas holandesas, e os autores relataram correlação genômica negativa entre o CAR e IPP, e entre o CAR e escore de condição corporal (-0,13 e 0,71, nessa ordem), evidenciando o antagonismo entre as características reprodutivas e eficiência alimentar.

3.3 Ganho Residual (GR)

Partindo da mesma teoria do CAR, o GR- Ganho Residual ou GPR- Ganho de peso residual pode ser obtido através da diferença entre o ganho individual observado e

o ganho predito por equação de regressão composta pelo CMS e o PVMM (KOCH *et al.*, 1963).

Dessa forma, são preconizados animais de GR positivo, pois apresentam maior ganho de peso residual para um mesmo nível de consumo, ou seja, são mais eficientes do que os seus coexistentes. Embora tenha sido elaborado conjuntamente ao CAR, e Koch *et al.* (1963) tenham indicado maior precisão matemática de causa e efeito para avaliar eficiência alimentar, só a partir de 2010 que foram desenvolvidas as principais pesquisas com GR (CROWLEY *et al.*, 2010; BERRY; CROWLEY, 2012; BERRY; CROWLEY, 2013). Koch *et al.* (1963) observam herdabilidade para essa característica de 0,28 ($h^2=0,28$).

Crowley *et al.* (2010) ao estudarem sobre os parâmetros genéticos e fenotípicos para medidas de eficiência alimentar (CAR e GR), avaliaram 2605 touros de uma central irlandesa de diversas raças europeias (Charolês, Angus, Limousin e Hereford). Os autores constataram que os touros mais eficientes (alto GR), eram os que apresentavam maior CMS, e um GPD mais elevado do que quando comparado aos animais que apresentavam fenótipos de médio e baixo GR. Os valores de CMS para os grupos de alto, médio e baixo GR foram de 11,3, 10,7 10,1 kg/dia, respectivamente. Os GPD foram estatisticamente diferentes entre as classes de alto e baixo GR (1,67 vs. 1,63 kg/dia). Além disso, os autores observaram menor PVi, maior PVf e animais mais eficientes para CA e taxa relativa de crescimento para os animais de GR alto.

Silva (2017) verificou os efeitos da divergência fenotípica para eficiência alimentar em 35 novilhas da raça Girolando. Os animais foram ranqueados em dois grupos extremos (alta e baixa eficiência) para CAR, GR e eficiência de conversão alimentar. Os animais inclusos no grupo de alta eficiência para GR produziram 13% a menos de calor, e apresentaram maior consumo de O₂ e produção de CO₂, do que quando comparado aos indivíduos pertencentes ao grupo de baixa eficiência. O autor também observou menor emissão de CH₄ por kg de ganho de peso nos animais de alta eficiência.

É importante salientar as correlações do índice em questão com características de desempenho como ganho de peso e maior taxa de crescimento observada no estudo de Crowley *et al.* (2010), contudo, não foram checadas divergências entre as quantidades de alimento consumidas. Dessa forma, a independência do GR em relação ao CMS pode provocar seleção indireta de animais com maiores taxas de crescimento, o que resultaria

em indivíduos com maiores exigências de energia, e conseqüentemente menos eficientes frente a utilização dos alimentos.

3.4 Consumo e Ganho Residual (CGR)

Em contrapartida às restrições da utilização do GR e do CAR como índices de seleção para eficiência alimentar, Berry e Crowley (2012) reforçaram a necessidade de um índice que seja correlacionado com maior ganho de peso diário e menor consumo de matéria seca, para melhor aceitação no mercado. Dessa forma, o consumo e ganho residual (CGR) possibilita identificar animais de altas taxas de crescimento, ou seja, maior GPD, e paralelamente, seleciona indivíduos com menores taxas de consumo de alimento, sem afetar no peso vivo dos animais.

O CGR é obtido através da fórmula descrita abaixo, sendo ambas as variáveis padronizadas para variância de 1. Neste caso, são desejados fenótipos positivos. Apesar de não estar associado a diferenças no CMS, os animais eficientes para CGR em geral, possuem menor consumo de matéria seca, e maior GMD, ou seja, são mais eficientes perante aos seus contemporâneos (BERRY; CROWLEY, 2012).

$$\text{CGR} = ((-1) * \text{CAR}) + \text{GR}$$

Do ponto de vista econômico, o CGR é um índice de eficiência alimentar interessante pois permite identificar animais que ficam menos tempo no confinamento e que apresentam baixo consumo de alimentos (BERRY; CROWLEY, 2012).

Berry e Crowley (2012) avaliaram dados de 2600 animais confinados na Irlanda constataram que os animais mais eficientes para CGR (CGR positivo), apresentavam menor CMS quando comparados aos bovinos ineficientes (CGR negativo). Os animais eficientes apresentaram 10,4 kg /dia de CMS vs. 11,0 kg/dia dos animais ineficientes. Já para ganho de peso, animais do grupo positivo apresentaram maior ganho de peso do que os do grupo negativo (1,81 vs. 1,40 kg/dia, nesta ordem). No referido estudo, os autores também obtiveram os valores para CAR, e apesar de o consumo diário no CGR ser maior do que foram classificados como CAR “desejável” (CAR negativo), quando analisado o consumo total ao longo do experimento, foi possível verificar menor consumo total de alimento no grupo dos animais de CGR positivo.

Figueiredo *et al.* (2019) ao compararem medidas de eficiência alimentar em 610 animais nelore também relataram menor CMS e maior GPD para os animais eficientes para CGR. Takeda *et al.* (2018) avaliaram as relações genéticas entre características de eficiência alimentar e desempenho em 4578 bovinos da raça negra japonesa, também relataram maiores taxas de GPD juntamente com menor CMS para os animais eficientes para CGR. Ainda, Takeda *et al.* (2018) relataram correlação genética positiva ($r=0,20$) entre o CGR e AOL. Para EGS e MAR, não foi observada correlações significativas com o CGR, sugerindo a possibilidade do CGR ser utilizado como índice de seleção de animais que consomem menos e ganham mais, sem alterar negativamente as características de carcaça.

Nascimento *et al.* (2016) ao estudar as relações entre eficiência alimentar, características de carcaça e qualidade de carne em bovinos Nelore, utilizando o CGR como índice de eficiência alimentar, constatou para os animais eficientes para CGR apresentaram menor CMS (11,7% a menor), maior ganho de peso, maior área de olho de lombo – AOL, e correlação positiva com peso vivo final.

Buarque (2018) averiguando medidas de eficiência alimentar (CAR, GR e CGR) e suas correlações com características de desempenho, carcaça, e termografia infravermelho, avaliou 111 bovinos Nelore confinados. Foi possível observar correlação negativa ($r= -0,34$) entre o CGR e EGS, e espessura da gordura da picanha ($r = -0,2$). Não foram observadas correlações entre as medidas de eficiência e a termografia infravermelha, porém, o autor ressalta que os resultados para termografia podem ter sido influenciados por fatores ambientais, necessitando de mais estudos neste seguimento.

O CGR, assim como o CAR e o GR, apresenta herdabilidade moderada, com significância variação genética. Berry e Crowley (2012) relataram $h^2= 0,36 \pm 0,06$, já Retallick (2013) encontrou $h^2= 0,22 \pm 0,10$. Tais valores, sugerem a possibilidade desse índice de eficiência alimentar ser inserido em programas de seleção genética, visto que na atual conjuntura da pecuária de corte é de grande relevância para o sucesso econômico, selecionar indivíduos geneticamente superiores para menores taxas de consumo, e maiores ganhos de peso, pois estas variáveis estão relacionadas com o lucro dos sistemas produtivos. No entanto, como em outros índices, para a determinação do CGR, há necessidade de determinar o CMS, podendo limitar a sua utilização, pois, a mensuração é de alto custo, quando comparado com outros critérios de seleção como ganho de peso e perímetro escrotal (ALMEIDA; LANNA, 2004), e requer nível técnico especializado para sua execução.

Contudo, ainda são baixos os números de estudos envolvendo o CGR, sugerindo a necessidade de mais estudos nesta linha de pesquisa para verificar as relações entre características de desempenho, lucratividade, composição corporal e qualidade de carne.

3.5 REFERÊNCIAS

ALDRIGHI, J. *et al.* Ingestive behavior and temperament of Nelore cattle classified for residual feed intake. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 457-468, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/3aZW0te>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ALMEIDA, R.; LANNA, D. P. D.; LEME, P. R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: 2004. v. 41, p. 3-14.

ARCHER, J. A. *et al.* Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Science**, v. 50, p. 147-161, 1999. Disponível em: <http://bit.ly/2O7TeYT>. Acesso em: 10 jul. 2019.

ARTHUR, P. D. *et al.* Response to selection for vet feed in intake in beef cattle. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**. v.14, p. 135-138, 2001. Disponível em: <http://bit.ly/2Rz3hbB>. Acesso em: 12 jul. 2019.

ARTHUR, P. F. *et al.* Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 5, p. 361-369, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/EA02162>. Acesso em: 14 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Exportações Brasileiras de Carne Bovina**. 2019. Disponível em: <http://bit.ly/2u1el8v>. Acesso em: 15 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL (ACNB). **Histórico**. 2006. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Raca/Historico>. Acesso em: 15 jul. 2019.

BASARAB, J. A. *et al.* Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003. Disponível em: <http://bit.ly/2Gzi2EQ>. Acesso em: 12 jul. 2019

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Cell biology symposium: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 4, p. 1594-1613, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2vs9bTf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 1, p. 109-115, 2012. Disponível em: <http://bit.ly/315RkgD>. Acesso em: 10 jul. 2019.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.

BUARQUE, V. L. M. **Relação entre diferentes índices de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados**.

2018. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Pirassununga, 2018. Disponível em: <http://bit.ly/2t6rXyT>. Acesso em: 19 jul. 2019.

CARSTENS, G. E. *et al.* Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, v. 2, p. 31-34, 2002. Disponível em: <http://bit.ly/3aSfjnU>. Acesso em: 19 jul. 2019.

CASTRO-BULLE, F. C. P. *et al.* Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 928-936, 2007. DOI:10.2527/jas.2006-373. Acesso em: 24 jul. 2019.

CEACERO, T. M. *et al.* Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. **PLoS One**, v.11, n. 8, 2016. Disponível em: <http://bit.ly/2GHkObp>. Acesso em: 12 jan. 2020.

COSTA, E. C. *et al.* Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoce abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 119-128, 2002. Disponível em: <http://bit.ly/2RLUW4D>. Acesso em: 12 jan. 2020.

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**, v. 88, n. 3, p. 885-894, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1852>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FIGUEIREDO, D. M. *et al.* The phenotypic relationship between residual intake and gain and other feed efficiency traits in Nellore cattle. **Tropical animal health and production**, v. 51, n. 2, p. 449-456, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/2u0PZvo>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FITZHUGH, H. A.; TAYLOR JR., C.S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**. v. 33, p. 717-725, 1971. Disponível em: <http://bit.ly/2UeWeXx>. Acesso em: 10 jan. 2020.

- FORBES, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. **Nutrition Research Reviews**, v. 20, n. 2, p. 132-146, 2007. DOI:10.1017/S0954422407797834. Acesso em: 14 jul. 2019.
- GONZALEZ-RECIO, O. *et al.* Incorporating heifer feed efficiency in the Australian selection index using genomic selection. **Journal of Dairy Science**, v.97, n.6, p.3883-3893, 2014. Disponível em: <http://bit.ly/2U4hIWE>. Acesso 17 jan. 2020.
- HEGARTY, R. S. *et al.* Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 6, p. 1479-1486, 2007. DOI:10.2527/jas.2006-236. Acesso em: 18 jul. 2019.
- HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. suppl_14, p. E64-E71, 2009. DOI:10.2527/jas.2008-1345. Acesso em: 11 jul. 2019.
- 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**, v. 63, n. 2, p. 111-119, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00122-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00122-0). Acesso em: 24 jul. 2019.
- HILL, R. A. **Feed efficiency in the beef industry**. [s. l.]: John Wiley & Sons. 2012. 311p.
- KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food production. *In*: Proceedings of the American Society of Animal Production, 29., 1936, Madison, WI. **Proceedings...** Madison, WI, 1936. p. 247-258.
- KOCH, R. M. *et al.* Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, n. 2, p. 486-494, 1963. Disponível em: <http://bit.ly/2RUyOE0>. Acesso em: 5 jul. 2019.
- KUSS, F. *et al.* Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 915-925, 2005. Disponível em: <http://bit.ly/2RLUW4D>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- LAWRENCE, P. *et al.* Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior, and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p.3248-3261, 2011. Disponível em: <http://bit.ly/2t93OYu>. Acesso 23 jan. 2020.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.
- LIMA, N. L. L.; PEREIRA, I. G.; RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2RwJ46j> . Acesso em: 22 jul. 2019.

MULLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. 1987.

NASCIMENTO, M. L. *et al.* Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, noncarcass and meat quality traits in Nellore steers. **Meat science**, v. 116, p. 78-85, 2016. Disponível em: <http://bit.ly/2RVGPsj>. Acesso em: 12 jul. 2019.

NKRUMAH, J. D. *et al.* Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 145-153, 2006. Disponível em: <http://bit.ly/2RwJ46j>. Acesso em: 9 jul. 2019.

RANDEL, R. D.; WELSH, T.H. Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1323–1328, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2uFbvpL>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v. 90, n. 2-3, p. 255-270, 2004. Disponível em: <http://bit.ly/3aPw4jE>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ROLFE, K. M. *et al.* Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 452-3459, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3961>. Acesso em: 19 jul. 2019.

SANTANA, M. H. A. *et al.* Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. **Livestock Science**, v. 145, n. 1-3, p. 252-257, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.012>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SANTANA, M. H. A. *et al.* Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. **Livestock Science**, v. 167, p. 80-85, 2014. Disponível em: <https://go.aws/31dOaYh>. Acesso em: 14 jan. 2020.

SAVIETTO, D.; BERRY, D. P.; FRIGGENS, N. C. Towards an improved estimation of the biological components of residual feed intake in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, p. 467-476, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6894>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SILVA, D. C. **Metabolismo em novilhas Girolando com fenótipos divergentes para eficiência alimentar**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2017. Disponível em: <http://bit.ly/2U7npTR>. Acesso em: 20 jul. 2019.

TAKEDA, M. *et al* Evaluation of feed efficiency traits for genetic improvement in Japanese Black cattle. **Journal of animal science**, v. 96, n. 3, p. 797-805, 2018. Disponível em: <http://bit.ly/2RUdTfy>. Acesso em: 12 jan. 2020.

YOKOO, M. J. I. *et al*. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 197-202, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/2uBtw8r>. Acesso em: 10 jul. 2019.

4 ARTIGO

4.1 Residual feed intake and gain changes the performance and carcass traits in Nellore cattle

Este artigo foi elaborado conforme normas da revista *Animal Production Science*.

Residual feed intake and gain changes the performance and carcass traits in Nellore cattle

Luís Miguel Gonçalves Fernandes^{AE}, Giovanna Faria de Moraes^B, Luiza Rodrigues Alves Abreu^C, Amália Saturnino Chaves^D.

^A Programa de Pós-Graduação em Produção Animal - Instituto de Ciências Agrárias (ICA) – Universidade Federal de Minas Gerais - Campus Regional de Montes Claros/MG. ^B Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia/MG. ^C Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte/MG. ^D Departamento de Medicina Veterinária – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - Juiz de Fora/MG. ^E Corresponding author: E-mail: luismiguelzootecnista@gmail.com

Short title: Influence of RIG on carcass traits

Abstract. Context: The residual intake and gain (RIG) aims to select animals with fast growth development that present low feed intake in relation to the expected. Aims: This study aimed to evaluate the associations of selection for RIG with performance and carcass traits in Nellore cattle. Methods: Initially, residual feed intake (RFI) and residual gain (RG) were determined. From this, the RIG was calculated, and the animals were classified as efficient and inefficient for RIG. The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test at 5% probability. Pearson's correlations were estimated between performance, carcass traits, and RIG classes. Key results: The efficient animals for RIG showed higher daily weight gain (DWG), rib eye area (REA), and mean metabolic body weight (MMBW)($P < 0.001$) than the inefficient ones. No significant correlations ($P > 0.05$) were found between subcutaneous fat thickness (SFT), marbling score (MAR), REA, MMBW, and the RIG. Conclusions: The RIG is a measure that can be used to identify and select animals with higher rates of DWG and REA without changes in the DMI, SFT, and MAR score. However, this index should still be observed with caution, as it may be dependent on body size. Implications: The selection of animals according to the RIG can be an important factor to generate phenotypic evolution in traits such as weight gain and rib eye area without adverse effects on the carcass fat deposition.

Keywords: beef cattle, dry matter intake, feed efficiency, subcutaneous fat thickness, marbling

Introduction

The livestock profitability is associated with the genetic gain of characteristics of economic interest, so it is influenced by the selection of animals efficient in the use of feed. The feeding of animals represents 55-75% of the total expenses in the cattle

production unit (Arthur et al. 2001). Given that production costs impact the system profitability, feed efficiency is of vital importance in beef cattle production.

Residual Feed Intake (RFI) is one of the most used indexes for selection for feed efficiency. However, some studies have shown unfavorable phenotypic correlations between this index and carcass traits and meat quality (Robinson and Oddy, 2004; Herd and Arthur, 2009; Crowley et al. 2011; Basarab et al. 2011). As a result, Berry and Crowley (2012) proposed the residual intake and gain (RIG). This index was proposed as an alternative to RFI since RFI is phenotypically independent of daily weight gain (DWG) (Bonilha et al. 2013), although it is used for its calculation (Koch et al. 1963).

The use of RIG allows recognizing animals of fast development, which present low feed intake in relation to the expected, without changes in the weight at maturity (Berry and Crowley, 2012). These authors also reported that animals efficient for RFI could grow slowly and need more time in the feedlot than animals efficient for RIG. Studies that relate the influence of selection from the RIG on other economic impact characteristics in beef cattle are still scarce. Thus, this study aimed to evaluate the associations of selection for RIG with performance and carcass traits in Nelore cattle.

Materials and methods

Data from seven feed efficiency tests with 895 Nelore steers, born between 2010 and 2013 were analyzed (Table 1). These tests were conducted between 2011 to 2014 had an average duration of 73 ± 3.6 days and consisted of 15-day acclimation period (including the 73 days) to the diets and facilities. The feed efficiency were conducted at the Rancho da Matinha Farm, located in Uberaba, MG, Brazil. Animals were housed in two paddocks, with the same solar incidence, to measure dry matter intake (DMI), using the GrowSafe® systems (GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá). The troughs were filled with the diet periodically in the morning and afternoon, assuring *ad libitum* intake. The paddocks were provided with drinking fountains and animals had free-choice access to water.

(Insert Table 1 here)

The animals were weighed on a calibrated digital balance, attached to the squeeze chute, at the beginning and the end of the tests, and every 2 weeks after the beginning of each test. Weighing data were used to determine the initial body weight (IBW, kg), final body weight (FBW, kg), and daily weight gain (DWG, kg/day). The mid-test metabolic body weight (MMBW) was calculated as the average between IBW and FBW. The DWG was calculated for each animal from the slope coefficient of the straight line resulting from the regression of individual body weight measurements without fasting as a function of time. For this, the REG procedure of SAS (SAS INSTITUTE, 2009) statistical package was used.

In all feed efficiency tests, diets were formulated to be isoenergetic and isonitrogenous, to have approximately 70% of total digestible nutrients and 13% of crude protein and were supplied twice daily. Composite samples of the diet and refusals were analyzed to determine the concentrations of dry matter in an oven at 105°C, as proposed by the Association of Analytical Chemists - AOAC (2006). The dry matter

intake (DMI) was calculated based on the average of all intake values obtained during the test (supplementary table).

The subcutaneous fat thickness (SFT), rib eye area (REA), and marbling score (MAR) on the animal's back, between the 12th and 13th rib. These traits were evaluated on the last day of each test using a real-time ultrasound scanner (Aquila Pie Medical, Inc Maastricht, The Netherlands), with ultrasound pulses in frequency from 3 to 3.5 MHz, performed by a certified technician accredited by the Ultrasound Guidelines Council.

Residual feed intake (RFI, kg/day) and residual gain (RG, kg/day) were obtained by regression equations of DMI, MMBW, and DWG (Koch et al. 1963), using the MIXED procedure of SAS (SAS INSTITUTE, 2009) with the following equations:

$$\text{predDMI} = -0.9680 + 0.07065\text{MMBW} + 2.7013\text{DWG} + \varepsilon_1$$

$$\text{predDWG} = 0.1383 - 0.00224\text{MMBW} + 0.1401\text{DMI} + \varepsilon_2$$

In which predDMI represents the predicted dry matter intake, predDWG is the predicted daily weight gain, ε_1 the RFI, and ε_2 the RG.

For the RIG determination, the equation proposed by Berry and Crowley (2012) was used, in which the values of RFI and RG are associated, according to the expression:

$$\text{RIG} = ((-1) * \text{RFI}) + \text{RG}$$

To categorize the efficient, intermediate and inefficient classes of animals in terms of RFI and RIG, they were classified using the classical limits of the literature (Koch et al. 1963), namely ± 0.5 standard deviations in relation to the mean RFI and RIG. The animals that presented RFI and RIG between -0.5 to 0.5 SD (intermediate animals) were not included in the statistical calculation.

The analysis of the relationships between the efficient and inefficient groups regarding RIG, performance, and carcass traits was performed using the PROC MIXED of SAS (SAS INSTITUTE, 2009). Each of the seven efficiency tests consisted of two batches of animals evaluated (one and two). The model included the fixed effects of RIG groups (efficient and inefficient), feed efficiency tests (one to seven), batch (one and two), and initial age as a covariate. The means were compared by the Tukey test at 5% probability, and, in all analyzes, the null hypothesis was rejected when the probability was ≤ 0.05 . Pearson's correlation estimates among feed efficiency, performance, and carcass traits were obtained using the PROC CORR procedure of SAS (SAS).

Results

The animals gained 0.99 ± 0.25 kg/day and consumed an average of 7.35 ± 1.37 kg/day (Table 2). The average value observed for RIG was 0.00 ± 1.79 , with a range

from -5.69 to 5.31. The variables RFI and RIG showed phenotypic variability between the animals evaluated (Table 2).

(Insert Table 2 here)

Taking into account the classification for RIG, 30.72% of the animals (N = 275 animals) showed efficient RIG, and 32.51% (N = 291 animals) were classified as inefficient. From the total number of efficient RIG animals, 219 were classified as an efficient RFI and 56 as an intermediate RFI (Fig. 1).

(Insert Fig. 1 here)

It was observed that animals efficient for RIG had higher FBW and MMBW ($P < 0.001$; Table 3). Thus, the efficient RIG animals showed 31% more FBW than the inefficient RIG animals ($P < 0.001$) without changes in DM intake ($P = 0.1021$; Table 3). Besides, inefficient RIG animals had an average LMA 4% lower than efficient RIG animals ($P < 0.001$; Table 3).

There was a difference ($P < 0.001$) between the variables of RFI and RG for the groups of animals that were efficient and inefficient for RIG (Table 3). The animals efficient for RIG showed an average value of -0.88 kg DM/day and 1.10 kg/day for RFI and RG, respectively. Thus, most animals efficient for RIG were also efficient for RFI (Fig. 1) and for RG (positive RG). The RIG was directly proportional to the RG and indirectly proportional to the RFI ($P < 0.001$). Despite the difference in FBW and MMBW between RIG groups (Table 3), no phenotypic correlation was observed between RIG and these variables ($P > 0.05$).

(Insert Table 3 here)

Although no difference was observed in the DMI between the RIG groups, a favorable phenotypic correlation was observed between RIG and DMI ($P < 0.001$; $r = -$ favorable phenotypic correlation was observed between RIG and DMI ($P < 0.001$; $r = -$ positive phenotypic correlation ($P < 0.001$; $r = 0.39$) between DWG and RIG was found (Table 4). Among carcass characteristics (LMA, SFT, and MAR) and the RIG, however, no phenotypic correlations were observed (Table 4).

(Insert Table 4 here)

Discussion

The values found for the RIG are close to those reported in other studies (Nascimento et al. 2016; Figueiredo et al. 2018). Nascimento et al. (2016) carried out a study with 575 steers born from 34 different sires, chosen to represent the main genealogies of the Nelore breed. In this study, the authors used mixed models for the RFI and the RIG and observed relationships of both indexes with performance characteristics, carcass traits, and meat quality. Among the animals classified as efficient and inefficient for RIG, Nascimento et al. (2016) reported a range of

phenotypic variation from -4.91 to 3.45. Figueiredo et al. (2018) studied the phenotypic correlations between RIG and other measures of feeding efficiency and found 0.003 of average value in 610 Nellore animals kept in confinement.

In this study, it is suggested that higher body weight, associated with higher DWG, in efficient RIG animals, results from the fact that the RIG is calculated taking into account the RG. The RG is highly related to weight gain and faster growth rates, making these two indices phenotypically dependent on body weight. This result is in agreement with Berry and Crowley (2012), who also observed higher body weight in animals efficient for RIG. However, other studies (Santana et al. 2014; Figueiredo et al. 2018; Montelli et al. 2019; Carneiro et al. 2019), found no difference in body weight between groups of animals that were efficient and not efficient for RIG. This fact suggests that this index should be used with caution in the animal selection, as it may be phenotypically dependent on the MMBW and, consequently, on the herd's adult size.

In the current study, the selection based on the RIG was able to identify cattle with higher weight gain (Fig. 2), which consumes a similar amount of food to the other animals evaluated. This can be attributed to the higher efficiency in the energy use for gain and low maintenance requirements in efficient animals, a clear benefit of the combination between RFI and RG,

In the case of carcass traits, in the current study, efficient RIG animals have higher LMA than inefficient ones, which corroborates with Nascimento et al. (2016). It is then suggested that animals with accelerated development and low intake than expected present higher capacity to deposit muscle. However, previous studies have been inconsistent about the relationship between RIG and carcass traits (Santana et al. 2014; Carneiro et al. 2019). Santana et al. (2014) estimated genetic parameters in 1038 Nellore animals for feed efficiency and did not observe any effect for LMA in animals classified for RIG. Carneiro et al. (2019), although conducted a study with sheep, evaluated carcass traits for animals classified as high, intermediate, and low RIG, and also found no effect on LMA between classes.

There is no phenotypic dependence between RFI and DWG, so it is possible to select efficient RFI animals with low weight gain. At the same time, there is no phenotypic dependence between the RG and the DMI, which results in a situation similar to that of the RFI (Baker et al. 2006; Ahola et al. 2011). The RIG then presents itself as an alternative for selection based on feed efficiency, as it identifies animals with higher daily gain without effects in the DMI. This fact has a substantial impact on the optimization of production costs, and consequently, good potential for economic return. Another important factor to note is the possibility of increasing beef production without expanding the cultivated pasture areas (Basarab et al. 2003; Nkrumah et al. 2006).

The moderate and favorable correlation between DMI and RIG found in the present study is close to the studies developed by Berry and Crowley (2012), Santana et al. (2014), Grion et al. (2014), and Ceacero et al. (2016), who reported values between -0.34 and -0.87. Estimates of the phenotypic correlation between RIG and DWG also

moderate and favorable suggest the possibility of selecting animals with lower intake and higher weight gain, in parallel with RIG's use, as an index to assess feed efficiency. Santana et al. (2014), Grion et al. (2014), and Ceacero et al. (2016) also observed positive phenotypic correlations between DWG and RIG. Grion et al. (2014) estimated genetic parameters for characteristics indicative of feed efficiency in Nellore cattle and reported a correlation of 0.37 between RIG and DWG. Ceacero et al. (2016) found a 0.34 correlation between the two variables, values very close to those observed in the current study.

The high correlations between RFI, RG, and RIG were expected, given the equation that gives rise to the RIG index (Berry and Crowley, 2012; Santana et al. 2014; Figueiredo et al. 2018; Takeda et al. 2018). Takeda et al. (2018), when studied 4.578 Japanese black cattle found correlations between the RIG and the RFI and RIG and the RG of -0.80 and 0.86, respectively. Figueiredo et al. (2018) observed values of 0.70 (RG and RIG) -0.98 (RFI and RIG) for 610 Nellore animals.

As no correlations were observed between the RIG and LMA, SFT, MAR, and MMBW, it is possible to show that the selection based on the RIG does not negatively alter these characteristics. Santana et al. (2014) did not observe RIG and LMA and SFT correlations in Nellore animals. Ceacero et al. (2016) reported phenotypic correlation values of 0.01, -0.08, and -0.05 for LMA, fat cover thickness, and rump fat thickness (RFT), respectively, showing that despite the correlation found, the values were low. The fact that the SFT and MAR traits are not affected by the selection for RIG is of great relevance. The fat deposit acts as a body reserve in periods of seasonal rain and impacts the reproductive rates (Santana et al. 2012). Besides, when it comes to carcass quality, fat deposition acts as an efficient thermal insulator in refrigeration chambers (Baldassini et al. 2017). In this context, it is essential that technological innovations created to decrease production costs do not damage the carcass traits and, consequently, the quality of the animals' meat.

Conclusion

The animals classified as efficient for RIG showed higher DWG and LMA for the same dry matter intake. However, this index should still be observed with caution as it may be dependent on body size and, consequently, high weight at maturity.

Acknowledgments

This study was financed in part by the “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)” - Finance Code 001

Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

Association of official analytical chemists (2006). Official methods of analysis. 18th ed

Ahola JK, Skow CW, Hunt PAS CW, Hill RA (2011) Relationship between residual feed intake and end product palatability in longissimus steaks from steers sired by Angus bulls divergent for intramuscular fat expected progeny difference. *The Professional Animal Scientist*, 27, 109- 115.

Arhtur PD, Archer JA, Herd RM, Melville GJ (2001) Response to selection for vet feed in intake in beef cattle. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, 14, 135-138.

Baker SD, Szasz JI, Klein TA; Kuber PS, Hunt CW, Glaze JB, Falk D, Richard R, Miller JC, Battaglia RA, Hill RA (2006) Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. *Journal of Animal Science*, 84, 938-945.

Baldassini WA, Chardulo LAL, Silva, JAV, Malheiros JM, Dias VAD, Espigolan R, Baldi FS, Albuquerque LG, Fernandes TT, Padilha (2017) Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: a multivariate approach. *Animal Production Science*, 57, 363-370.

Basarab JA, Colazo MG, Ambrose DJ, Novak S, Mccartney D, Baron VS (2011) Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 91, 573-584.

Basarab JA, Price MA, Aalhus JL, Okine EK (2003) Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 189-204.

Berry DP, Crowley JJ (2012) Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 90, 109-115.

Bonilha EFM, Branco RH, Bonilha SFM, Araujo FL, Magnani E, Mercadante MEZ (2013) Body chemical composition of Nellore bulls with different residual feed intakes. *Journal of Animal Science*, 91, 3457-3464.

Carneiro MMY, Morais MG, Souza ARDL, Fernandes HJ, Feijo LD, Bonin MN, Franco GL, components, and carcass characteristics of confined crossbred Texel lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20180206.

Ceacero TM, Mercadante MEZ, Cyrillo JNDSG, Canesin RC, Bonilha SFM, Albuquerque, LG (2016) Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. *PLoS One*, v. 11, e0161366.

Crowley JJ, Evans RD, Hugh NM, Kenny DA, McGee M, Crews JRDH, Berry DP (2011) Genetic relationships between feed efficiency in growing males and beef cow performance. *Journal of Animal Science*, 89, 3372-3381.

Figueiredo DM, Mercadante MEZ, Pires AV, Branco RH, Ribeiro EG, Dallago GM, Schorer M, Rocha PR (2019) The phenotypic relationship between residual intake and gain and other feed efficiency traits in Nellore cattle. *Tropical animal health and production*, 51, 449-456.

Grión AL, Mercadante EZM, Cyrillo SFM, Bonilha SFM, Magnani E, Branco RH (2014) Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, 92, 955-965.

Herd, RM, Arthur PF (2009) Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*, 87, 64-71.

Koch, RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE (1963) Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 22, 486-494.

Montelli NLLL, Almeida AK, Ribeiro CRF, Grobec DM, Abrantes MAF, Lemos GS, Garcia IFF, Pereira IG (2019) Performance, feeding behavior and digestibility of nutrients in lambs with divergent efficiency traits. *Small Ruminant Research*, 180, 0-56.

Nascimento ML, Souza ARDL, Chaves AS, Cesar ASM, Tullio RR, Medeiros SR, Mourão GB, Rosa NA, Feijó GLD, Alencar MM, Lanna DPD (2016) Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, non-carcass and meat quality traits in Nellore steers. *Meat science*, 116, 78-85.

Nkrumah JD, Okine EK, Mathison GW, Schimid K, Li C, Basarab JA, Price MA, Wang Z, Moore SS (2006) et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 84, 145-153

Robinson DL, Oddy VH (2004) Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livestock Production Science*, 90, 255-270.

Santana MHA, Oliveira Junior GA, Gomes RC, Silva SL, Leme PR, Stella TR, Mattos EC, Rossi Junior P, Baldi FS, Eler JP, Ferraz JBS (2014) Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. *Livestock Science*, 167, 80-85. 312

Santana MHA, Rossi Junior P, Almeida RM, Cucco DC (2012) Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. *Livestock Science*, 145, 252-257.

SAS INSTITUTE (2009) **SAS/STAT**: Guide of personal computers; version 9.2. Cary, 2009. v.1.

Takeda M, Uemoto Y, Inoue K, Ogino A, Nozaki T, Kurogi K, Yasomori T, Satoh M (2018) Evaluation of feed efficiency traits for genetic improvement in Japanese Black cattle. *Journal of Animal Science*, 96, 797-805.

Weiss WP, Conrad HR, St. Pierre NR (1992) A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, 39, 95-110

Table 1. Description of the feed efficiency tests of male Nellore cattle

Test	Year	N	Test duration - days	Initial age - days Mean \pm SD	IBW - kg Mean \pm SD
01	2011	119	74	348 \pm 27	371 \pm 34
02	2012	134	78	273 \pm 31	281 \pm 28
03	2012	114	74	324 \pm 32	318 \pm 34
04	2013	141	71	276 \pm 12	298 \pm 29
05	2013	128	78	332 \pm 25	318 \pm 46
06	2014	132	70	263 \pm 18	278 \pm 27
07	2014	127	68	322 \pm 48	317 \pm 50
Mean	-	895	73 \pm 3.6	304 \pm 43.2	310 \pm 46.4

n – number; SD - standard deviation; IBW – Initial body weight; kg – kilogram

Table 2. Descriptive statistics of performance and carcass traits of Nellore cattle submitted to feed efficiency tests

Trait	Mean	SD	Minimum	Maximum
N= 895				
Initial age (days)	304.26	43.20	195.00	472.00
FBW (kg)	381.48	55.55	260.00	570.00
IBW (kg)	310.64	46.45	218.00	499.00
MMBW (kg)	80.06	8.68	57.72	111.20
DWG (kg/day)	0.99	0.25	0.18	1.63
DMI (kg DM/day)	7.35	1.37	4.41	11.76
RFI (kg DM/day)	0.00	1.00	-2.98	3.14
RG (kg/day)	0.00	1.00	-3.02	2.59
RIG	0.00	1.79	-5.69	5.31
SFT (mm)	3.97	1.27	1.52	10.41
REA (cm ²)	64.01	9.48	39.41	102.32
MAR score	1.99	0.48	1.39	5.56

n = number; SD = standard deviation; FBW = final body weight; IBW = initial body weight; MMBW = mid-test metabolic body weight; DWG = daily weight gain; DMI = dry matter intake; RFI = residual feed intake; RG = residual gain; RIG = residual intake and gain; SFT = subcutaneous fat thickness; REA = rib eye area; MAR score = marbling; kg - kilogram; DM = dry matter; mm = millimeter; cm² = square centimeter

Table 3. Classification for Nellore males maintained in feed efficiency tests classified as efficient and inefficient for residual intake and gain (RIG). N = 895

Traits	Efficient	Inefficient	SEM	P-value
IBW (kg)	313.4	309.8	2.80	0.1930
FBW (kg)	397.2	367.6	3.22	<0.0001
MMBW (kg)	81.71	78.72	0.51	<0.0001
DWG (kg/day)	1.17	0.80	0.01	<0.0001
DMI (kg/day)	7.28	7.41	0.07	0.1021
REA (cm ²)	65.60	62.76	0.68	<0.0001
SFT (mm)	4.11	3.90	0.12	0.0597
MAR score	2.00	1.99	0.03	0.8500
RFI (kg/DM/day)	-0.88	0.81	0.04	<0.0001
RG (kg/day)	1.10	-1.08	0.05	<0.0001

IBW = initial body weight; FBW = final body weight; MMBW = mid-test metabolic body weight; DWG = daily weight gain; DMI = dry matter intake; REA = rib eye area; SFT = subcutaneous fat thickness; MAR score = Marbling; RFI = residual feed intake; RG = residual gain; SEM = standard error of the mean; kg - kilogram; DM = dry matter; mm = millimeter; cm² = square centimeter.

Table 4. Phenotypic correlations between characteristics measured in Nellore males maintained in feed efficiency tests

	IBW	FBW	DWG	REA	SFT	MAR	RFI	RIG	RG	MMBW
DMI	0.55***	0.73***	0.69***	0.51***	0.31***	-0.23***	0.58***	-0.32***	0.00	0.66***
IBW		0.93***	0.24***	0.74***	0.42***	0.00	-0.01	-0.06	-0.13***	0.98***
FBW			0.54***	0.73***	0.43***	-0.08	0.02	0.04	0.09	0.98***
DWG				0.29***	0.20***	-0.20***	0.00	0.39***	0.71***	0.41***
REA					0.38***	-0.13	0.04	-0.05	-0.04	0.75***
SFT						0.03	0.02	-0.01	0.00	0.43***
MAR							-0.15***	0.04	-0.07	-0.04
RFI								-0.89***	-0.61***	0.00
RIG									0.89***	0.00
RG										0.00

DMI = dry matter intake (kg DM/day); IBW = initial body weight (kg); FBW = final body weight (kg); DWG = daily weight gain (kg/day); rib eye area (REA) (cm²); SFT = subcutaneous fat thickness (mm); MAR score = Marbling; RFI = residual feed intake (kg DM/day); RIG = residual intake and gain; RG= residual gain (kg/day); MMBW= mid-test metabolic body weight (kg); ***P<0.001 kg – kilogram; DM = dry matter; mm= millimeter; cm²= square centimeter.

Fig. 1 Relationship between efficient animals for residual intake and gain (RIG) and residual feed intake (RFI, kg DM/day). The figure shows the animals efficient for RIG (N = 275), and the classification of efficient (N = 219) and intermediate (N = 56) are represented by the animals divided into RFI. N: number; kg - kilogram; DM - dry matter.

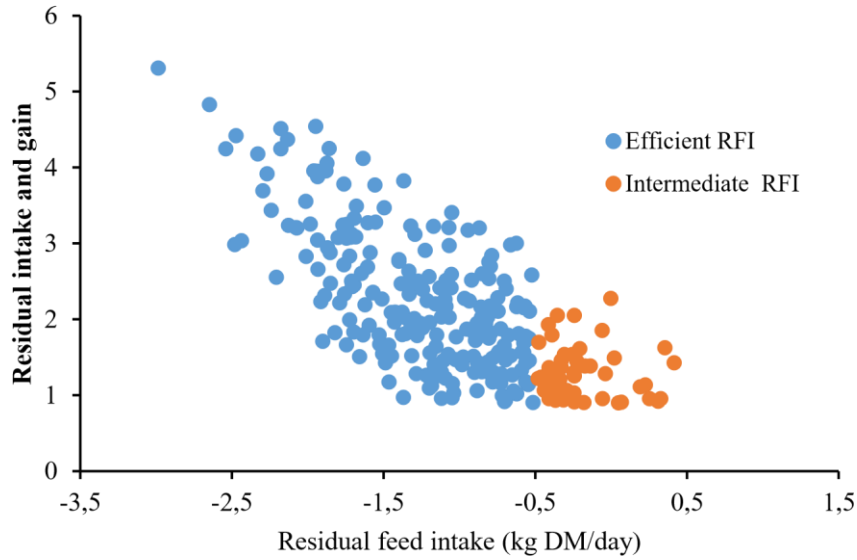
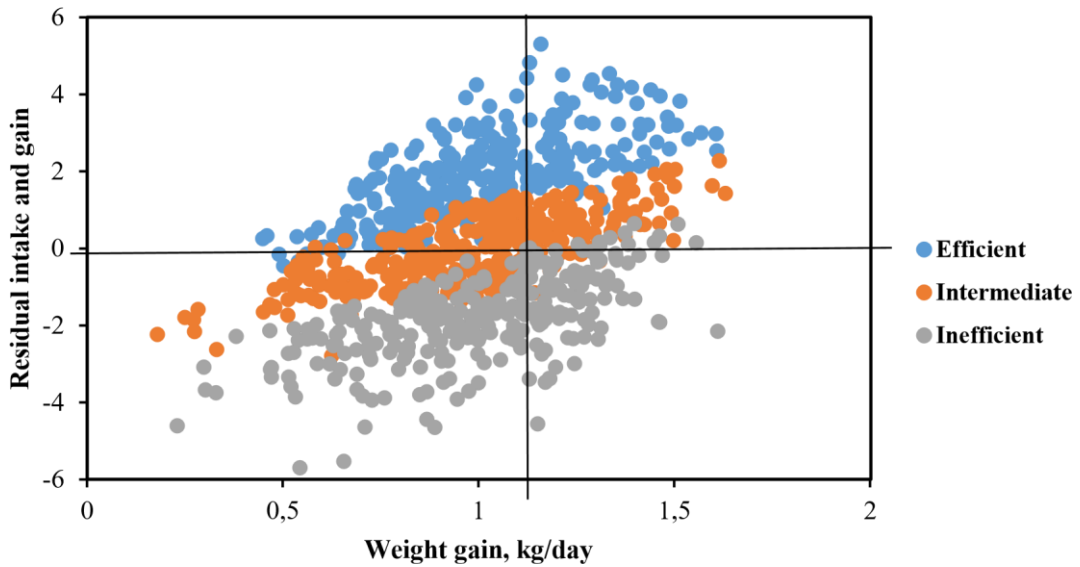


Fig. 2 Relationship between residual intake and gain (RIG) and daily weight gain (DWG) of Nellore cattle, with the classification of efficient, intermediate, and inefficient being represented by animals divided into RFI. kg – kilogram



Supplementary table – Chemical composition of the experimental diets

Feed efficiency tests diets							
Ingredients, %	01	02	03	04	05	06	07
Maize silage	60.00	85.00	85.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Ground corn	28.26	6.86	6.86	6.00	6.00	6.00	6.00
Soybean meal 46	8.00	5.00	5.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Optigen II	1.20	0.60	0.60	6.00	6.00	6.00	6.00
Milk Sacc, yeast, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.14	0.14	0.14	-	-	-	-
Mineral Premix	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Composition, %							
Dry matter	40.26	37.43	29.59	46.11	46.31	42.15	40.56
Crude protein	17.87	15.33	10.18	11.94	10.21	10.80	11.91
Ether extract	4.44	3.82	3.32	1.23	2.23	2.32	2.23
Neutral detergent fiber	40.36	41.59	44.60	47.60	43.19	63.28	40.67
Acid detergent fiber	27.49	26.44	29.41	27.09	34.48	34.83	25.70
Mineral matter	4.48	4.73	4.28	7.14	7.31	9.67	12.47
Total digestible nutrients*	70.30	75.32	67.62	69.01	69.35	61.87	70.24

*The total digestible nutrients (TDN) content was calculated according to the equation proposed by Weiss et al. (1992). * Samples of ingredients and feed efficiency test diets were ground through a Wiley mill with a 1-mm sieve to determine the concentrations of dry matter (method 934.01), ash (method 930.05)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CGR possibilita identificar animais com maiores GPD e AOL. No presente estudo foi possível observar que os animais eficientes para CGR apresentaram em média ganho de peso diário 31% maior, e apresentaram maiores áreas de olho de lombo (4% maior) do que quando comparados com os indivíduos classificados como ineficientes.

Dessa forma, o CGR é uma medida que pode ser utilizada para identificar e selecionar animais com maiores taxas de GPD e AOL, sem alteração do CMS, EGS e MAR. No entanto, deve ser observado com cuidado pois este índice pode apresentar relação com o tamanho corporal, e conseqüentemente com o peso a maturidade dos animais.