UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

VICENTE LUIZ MACÊDO BUARQUE

**Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de
desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados**

Pirassununga

2018

VICENTE LUIZ MACÊDO BUARQUE

Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva

Pirassununga

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Buarque, Vicente Luiz Macêdo

B917r

Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados / Vicente Luiz Macêdo Buarque ; orientador Saulo da Luz e Silva. -- Pirassununga, 2018.

63 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Consumo alimentar residual. 2. Ganho de peso residual. 3. Consumo e ganho residual. 4. Carcaça. 5. Ultrassom. I. Silva, Saulo da Luz e , orient.

II. Título.

VICENTE LUIZ MACÊDO BUARQUE

Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva

Instituição: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA/USP

Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Roberto Leme

Instituição: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA/USP

Prof. Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof. Dr. Miguel Henrique de Almeida Santana

Instituição Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA/USP

Dedico esta obra primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida e me proporcionar uma família maravilhosa e grandes amigos.

Em especial aos meus Pais, Lourinaldo T. Buarque e Vilma M. de Arruda Buarque (in memorian) que segue sempre em nossos corações, foram sempre os melhores do mundo na minha vida e mesmo em meio a tantas dificuldades, nunca mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha irmã Virgínia Buarque por todos os conselhos e incentivos dados até aqui para me proporcionar momentos como este, sempre como muito amor e muita dedicação, vocês são a motivação da minha vida.

À minha noiva, Natalia Marques, pela compreensão nos momentos difíceis, pelo companheirismo apesar da distância que nos separa, por todo amor e por me apoiar em todas as etapas da minha vida.

ESSA VITÓRIA É DE VOCÊS E POR VOCÊS!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado sempre saúde, força e sabedoria para seguir nos bons caminhos e cumprir mais essa etapa em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. SAULO DA LUZ E SILVA, por ter inicialmente me aceitado como seu estagiário em 2015, por ter me apoiado na decisão de prestar o mestrado nessa instituição e pela orientação na pós-graduação sempre passando conhecimentos e disposto a esclarecer minhas dúvidas. Obrigado pelo seu profissionalismo, competência e dedicação. Sinto-me orgulhoso por realizar esse trabalho com você e sua contribuição será sempre muito importante na minha trajetória.

A Prof^a. Dr^a LUCIANE MARTELLO, pela colaboração na realização dessa obra, por estar sempre à disposição para esclarecer as dúvidas, sempre com muita atenção e paciência.

Ao Prof. Dr. PAULO ROBERTO LEME, por todas as boas conversas e risadas, por toda a contribuição na construção desse trabalho, sempre disposto a compartilhar conhecimento, esclarecendo dúvidas e me fazendo pensar. Antes que me esqueça, gostaria de agradecer pelas blusas de frio que me doou logo quando cheguei a Pirassununga.

Ao Prof. Dr. ARLINDO SARAN NETTO, pela amizade e companheirismo, por todo o conhecimento compartilhado, nas aulas em que fui aluno PAE, por sua contribuição na execução desse trabalho, sempre de maneira mais prática ensinando como lidar com algumas situações, e por ter me ajudado a crescer.

A Prof^a. Dr^a. ANTÔNIA SHERLÂNEA CHÁVES VERAS, que me deu primeiramente a oportunidade de ser seu aluno de iniciação científica na UFRPE, em que pude aprender muito trabalhando com bovinos. Por ter me indicado para o estágio aqui na FZEA-USP, o qual resultou nessa dissertação, hoje apresentada, por todas as palavras e conselhos dados durante a graduação, por sua alegria contagiante e seriedade nos momentos certos.

A toda a equipe LAAQC, em especial a pós-doutoranda NARA CÔNSOLO, que muito me ajudou para a realização desse trabalho, sempre com ideias e muito puxão de orelha, “TENHA CERTEZA QUE SUA CONTRIBUIÇÃO FOI MUITO IMPORTANTE E É UMA AMIGA QUE LEVAREI PRA VIDA TODA”, a JULIANA SILVA, que sempre colaborou muito com as atividades durante todo o experimento, enfim a todos os que compõem nosso grupo. E a todos os estagiários que sempre nos ajudaram bastante e sem eles tudo seria mais difícil, vocês foram fundamentais.

Gostaria de agradecer a REPÚBLICA COLMEIA que me deu tantos IRMÃOS, aos hoje Doutores, Elmeson Ferreira de Jesus (Mineirinho) por tantas risadas e conselhos, Rafael Teixeira de Sousa (Ceará), sempre junto animando todo mundo, ao Tiago Del Valle (Safadão) por todos os conhecimentos compartilhados “e olha que esse sabe heim”, ao Alexandre Guizelini (Xande) pela amizade construída, a Marjorye Kametani (KALA) sempre ficando roxa depois de uns saquês, Juliana Santos (Pantaneira Boiadeira) por tantos momentos hilários com seu jeito boiadeiro, ao Gabriel Rodríguez (Costinha Safadón) pelas aulas de espanhol sertanejas.

Aos recém-chegados, Julia Avansi Marques (JULINHA) pelas caronas e as pizzas que comemos sem avisar “foi mal Julinha”, ao “grande” Igor Garcia Mota, pela amizade e tantas conversas que sempre rendem boas risadas, ao Vitor Hugo (Vitinho) por tantas aventuras juntos, ao Ferdnando Hiene (Fefê) ou (Ursinho Pooh) ou (qualquer apelido que ele aceita) por tantas risadas que fez essa casa dar, ao Gustavo Bicudo (Toddynho) pelas abeiadas, ao Jesus Suarez (Maricón) por ter me dado a notícia que passei no doutorado, ao Mauro Sérgio (Bonzinho) pelo companheirismo, e por último aos quase moradores Elisandra Zílio (Gaúcha) que a essa hora já deve ser mestra, Roberto Cantóia (bom de briga kkkkkkkk) Aos ex-moradores, Dr. Jeffersin Gandra, Rafael Barletta, Pablo Gomes de Paiva, Gustavo Almeida e tantos outros que pude conhecer através dessa casa, OBRIGADO COLMEIA!!!

Aos amigos que fiz em Pirassununga, Leonardo Barreira (Léo) por sua amizade e apoio, Rejane Sousa (Reja) por sempre levantar a gente em momentos difíceis, seu coração não cabe em você!!! Ao Leonardo Favoretto (Frodo) sempre com suas histórias e suas crenças (vegetarianas), enfim são muitos e não teria como falar de cada um deles, mas serão sempre lembrados.

Um agradecimento especial a todos os funcionários que participaram desse projeto, Ricardinho, Dione, Cláudio, Maurício, Maico, Bola, Seu Ze, Tião, Ione, Elso, Sharlak, Dito, Andreza, Valdir, Rose, João, Raphael, que se tornaram amigos que guardarei sempre comigo.

Aos amigos de faculdade que sempre contribuíram para a realização de trabalhos e atividades, aos meus amigos de moradia estudantil RENAN FERREIRA, BRUNO SAMPAIO e PAULO SÉRGIO que sempre torceram e tanto me ajudaram para que hoje eu esteja aqui, são amigos que estão sempre juntos de uma forma ou de outra.

Novamente aproveito para agradecer a minha família, que são tudo em minha vida e sei o quanto ralaram para que hoje esse sonho possa estar se concretizando. OBRIGADO A TODOS VOCÊS!!!

“Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás... mas vá em frente, pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te”.

Charlie Chaplin

RESUMO

BUARQUE, V. L. M. **Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados.** 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

Esse trabalho foi desenvolvido para avaliar a relação entre diferentes medidas de eficiência utilizadas na bovinocultura de corte e as características de desempenho, carcaça e termografia infravermelho (TIV) em bovinos Nelore confinados. Foram utilizados 111 bovinos Nelore, machos não-castrados contemporâneos, com idade aproximada de 16 ± 2 meses, peso corporal médio de 420 ± 55 kg. Os animais foram confinados por 91 dias, sendo 21 dias de adaptação às instalações e à dieta. A dieta foi a mesma para todos os animais e composta por 73% de concentrado e 27% de volumoso. O consumo de matéria seca (CMS) foi avaliado diariamente, enquanto o peso vivo, medidas de ultrassom para avaliação de características de carcaça e imagens de TIV foram realizadas a cada 28 dias até o dia 70. A partir dos dados de CMS foram calculados o consumo alimentar residual (CAR), ganho de peso residual (GPR), consumo e ganho residual (CGR). Após a obtenção dos dados foram realizadas análises de associação (correlação e regressão) visando à identificação de possíveis relações entre as diferentes características com as medidas de eficiência. Não houve correlação entre o GMD com o CAR ($r=0,001$), e com o CGR ($r=0,114$), enquanto o GPR apresentou correlação com o GMD ($r=0,588$). O CMS foi correlacionado com o CAR ($r=0,612$) e com o CGR ($r=-0,532$) e não houve correlação com o GPR ($r=-0,002$). Não houve correlação entre as medidas de eficiência com as características de peso vivo inicial (PVI) e peso vivo final (PV70). Dentre as características de carcaça avaliadas ao abate, apenas o GPR apresentou correlação com a gordura renal pélvica e inguinal (GRPIkg), trato gastrointestinal (TGIkg) e peso de corpo vazio (PCVZkg) na ordem de ($r=0,240$), ($r=0,226$) e ($r=0,210$), respectivamente. Entre as medidas de carcaça avaliadas por ultrassom, apenas a espessura de gordura subcutânea (EGS) final apresentou correlação com o CAR ($r=0,348$), GPR ($r=-0,188$) e CGR ($r=-0,340$), enquanto a espessura de gordura da picanha (EGP) final apresentou correlação apenas com o CAR ($r=0,233$) e CGR ($r=-0,200$). Houveram correlações entre o ganho de EGS e o CAR ($r=0,371$) e CGR ($r=0,345$), porém o ganho de EGP se correlacionou apenas com o CAR ($r=0,202$). Não foram observadas correlações entre as medidas de eficiência e TIV, porém, esses resultados podem ter sido influenciados pelos fatores ambientais. A AOL não apresentou correlação com nenhuma das medidas de eficiência avaliadas. Dessa forma conclui-se que, o CAR é a medida que mais se aplica na seleção de animais de menor CMS, sem prejuízos às características de desempenho. Adicionalmente, o CAR e CGR selecionam animais mais eficientes em termos de menor consumo, enquanto que o GPR seleciona animais de maior GMD.

Palavras-chave: Consumo alimentar residual. Ganho de peso residual. Consumo e ganho residual. Termografia infravermelho. Ultrassom.

ABSTRACT

BUARQUE, V. L. M. **Relationship of different feed efficiency measures with performance, carcass traits and thermography in feedlot Nellore cattle** 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

The aim of the present study was to evaluate the relationship between different efficiency indexes used in beef cattle and performance, carcass traits and thermography in Nellore cattle at the feedlot system. A total of 111 Nellore male, with around 16 ± 2 months age and 420 ± 55 kg of body weight, were used. The animals were confined for 91 days, with 21 days for adaptation to the facilities and diet. The diet was the same for all animals, and composed by 73% of concentrate and 27% of roughage. Dry matter intake (DMI) was evaluated daily, and performance, ultrasound measurements and infrared thermography images were performed every 28 days until day 70. From the DMI measurements, residual feed intake (RFI), residual weight gain (RWG), residual intake and body weight gain (RIG) were calculated. From the data obtained, association analysis (correlation and regression) were performed to identify the possibilities relationships between the different characteristics with the efficiency measures. The ADG showed no correlation with RFI ($r = 0.001$) and RIG ($r = 0.114$); however, the RWG was correlated with ADG ($r = 0.588$). DMI was correlated with RFI ($r = 0.612$) and RIG ($r = -0.532$) and there was no correlation with RWG ($r = -0.002$). There was no correlation between efficiency measures with initial body weight (IBW) and final body weight (BW70). For carcass traits, evaluated at slaughter, only the RWG showed correlation with pelvic renal and inguinal fat (PRIFkg), gastrointestinal tract (GITkg) and empty body weight (EBWkg) in order of the ($r = 0.240$), ($r = 0.226$) and ($r = 0.210$), respectively. For carcass measurements evaluated by ultrasound, the final backfat thickness (BFT) showed correlation with RFI ($r = 0.348$), RWG ($r = -0.188$) and RIG ($r = -0.340$), while final subcutaneous fat thickness on the *Biceps femoris* muscle (BFTP8) showed a correlation with RFI ($r = 0.233$) and RIG ($r = -0.220$). In addition, BFT gain has been also correlated with RFI ($r = 0.371$) and RIG ($r = 0.345$); however, the BFTP8 gain only showed correlation with the RFI ($r = 0.202$). There was no correlation between efficiency measures and the infrared thermography (IRT). The rib eye area (REA) showed no correlation with any the efficiency measures evaluated. In conclusion, the RFI is the measure that most applies in the selection of animals of smaller DMI, without damage to the performance traits. In addition, the RFI and RIG can promoter the selection of more efficient animals by lower consumer, whereas the RWG selected great ADG animals.

Keywords: Residual feed intake. residual weight gain. residual intake and body weight gain. Infrared thermography. Ultrasound.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Confinamento em baias coletivas com portões eletrônicos do tipo calan gates, para avaliação de consumo individual.....	34
Figura 2 – Captura de imagem da face e região do globo ocular obtidas utilizando câmera de termografia infravermelho (TIV).....	37
Figura 3 – Imagem ilustrativa das regiões do corpo onde foram obtidas as imagens de (TIV) a) frente, b) costelas, c) flanco, d) garupa, e) região do globo ocular, f) face.....	38
Figura 4 – Carcaça bovina no momento do abate.....	39
Figura 5 – Valores máximos e mínimos da temperatura nos dias de manejo para coleta de imagens.....	50
Figura 6 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência CGR e CAR avaliadas em bovinos Nelore.....	53
Figura 7 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência GPR e CAR avaliadas em bovinos Nelore.....	54
Figura 8 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência CGR e GPR avaliadas em bovinos Nelore.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual da dieta utilizada (na matéria seca).....	35
Tabela 2 – Média, máxima, mínima e desvios-padrões das características de desempenho e medidas de eficiência alimentar em bovinos Nelore confinados....	42
Tabela 3 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de desempenho avaliadas em confinamento.....	43
Tabela 4 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de carcaça ao abate.....	46
Tabela 5 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de carcaça avaliadas por ultrassom.....	47
Tabela 6 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência com temperaturas máxima, média e mínima de cada região do corpo avaliadas por termografia infravermelho e temperatura retal (TR).....	49
Tabela 7 – Correlação de ranking entre as diferentes medidas de eficiência avaliadas em animais Nelore.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

AOL	Área de olho de lombo
CA	Conversão alimentar
CAR	Consumo alimentar residual
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CGR	Consumo e ganho residual
GPR	Ganho de peso residual
CMS	Consumo de matéria seca
EAB	Eficiência alimentar bruta
EGP	Espessura de gordura da picanha
EGS	Espessura de gordura subcutânea
GMD	Ganho médio diário
NDT	Nutrientes digestíveis totais
PIB	Produto interno bruto.
PVMM	Peso vivo metabólico médio
SISP	Serviço de inspeção de produtos de origem animal do estado de São Paulo
TIV	Termografia infravermelho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivo	18
1.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Seleção genética	20
2.2	Eficiência alimentar.....	21
2.3	Mensurações das características de eficiência alimentar	23
2.4	Medidas de Eficiência alimentar	24
2.5	Consumo alimentar residual (CAR)	26
2.6	Ganho de peso residual (GPR).....	29
2.7	Consumo e ganho residual (CGR).....	30
2.8	Termografia infravermelho (TIV).....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Local e Instalações	33
3.2	Animais e alimentação.....	34
3.3	Desempenho e ultrassom	36
3.4	Avaliações por termografia infravermelho	36
3.5	Abate dos Animais	38
3.6	Peso de corpo vazio	39
3.7	Medidas de eficiência	40
3.8	Análises estatísticas	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Correlação entre índices de eficiência e características de desempenho ...	42
4.2	Correlações entre índices de eficiência e características de carcaça.....	45

4.3	Correlação entre medidas de eficiência e características de carcaça avaliadas por ultrassom.....	47
4.4	Correlações entre índices de eficiência e características de termografia.....	49
4.4	Correlações entre índices de eficiência	52
4.5	Correlações de ranking entre os índices.....	56
5	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A produção de carne bovina representa uma parte substancial do PIB Brasileiro, gera inúmeros empregos diretos e indiretos e representa grande parte das receitas com exportações.

A partir dos anos noventa, com a pressão da globalização, o setor pecuário (bovinos de corte), mostrou avanços. Entre os anos de 1990 e 1996, constatou-se um crescimento significativo de 33,5% na produção de bovinos (CAMPOS; PAULA, 2002). Atualmente, a bovinocultura brasileira é uma das mais competitivas do mundo (SOMWARU; CONSTANZA, 2004; FERRAZ; DE FELICIO, 2010), posição que se deve, principalmente os baixos custos de produção e ao grande volume produzido.

Anteriormente, o crescimento da pecuária de corte no Brasil baseou-se na incorporação de novas áreas. No entanto, nos dias de hoje, o foco tem sido o aumento da produtividade. Além disso, para manter a competitividade do mercado de carne bovina é necessária a produção de carne com a máxima eficiência e com um padrão de qualidade, que satisfaça os consumidores, cada vez mais exigentes.

Nesse sentido, nos últimos anos têm sido observadas grandes transformações nos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil, principalmente em relação à aplicação e ao desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à genética, nutrição, manejo e sanidade dos animais. Com relação à genética, a maioria dos programas de seleção de reprodutores têm considerado características relacionadas especialmente ao crescimento animal, eficiência reprodutiva, ou em alguns casos, características de carcaça ou econômicas.

No entanto, na maioria desses programas, têm sido incluídas apenas características associadas ao final do ciclo produtivo, seja em sistemas de confinamento ou animais criados a pasto (SAINZ; PAULINO, 2004; ALMEIDA; LANNA, 2004), que são relacionadas ao ganho de peso diário, peso de carcaça, rendimento de carcaça entre outras características. Porém, essas medidas quando incluídas em programas de melhoramento, estão relacionadas com o maior tamanho do animal, o que pode, indiretamente, estar selecionando animais mais tardios ao acabamento, podendo resultar em prejuízos às qualidades organolépticas da carne proveniente desses animais, pois, de acordo com Cranwell et al. (1996), apesar de a

quantidade de colágeno total nos músculos ser relativamente constante, as ligações cruzadas dessa (proteína) tornam-se mais resistentes e estáveis com o avanço da idade, aumentando a insolubilidade do colágeno e tornando a carne mais dura, gerando produtos que são menos apreciados pelo mercado consumidor.

Nesse sentido, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar a relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar com características relacionadas ao desempenho tais como o ganho de peso, consumo de matéria seca, composição corporal por meio de provas de alimentação, bem como a termorregulação através da (produção de calor) avaliada recentemente pela técnica da termografia infravermelho, visando a incorporação dessas características em programas de melhoramento genético, para melhoria da eficiência do sistema de produção como um todo.

No entanto, pesquisas envolvendo as relações entre essas características de desempenho e as medidas de eficiência alimentar, principalmente avaliadas em animais zebuínos, ainda necessitam de mais pesquisas. Desta forma, é importante a realização de novos trabalhos que norteiem os pesquisadores para um melhor entendimento desse tema, possibilitando seu uso com maior segurança em programas de melhoramento.

1.1 Objetivo

O objetivo geral do estudo é avaliar a relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a relação entre as diferentes medidas de eficiência alimentar com características de desempenho como o ganho de peso, consumo de matéria seca e características de carcaças avaliadas por ultrassonografia no *M. longissimus* e *B. femoris*, além do peso de carcaça, rendimento de carcaça, peso de corpo vazio, gordura interna e temperatura corporal avaliada por câmera termográfica.

- Avaliar a relação das diferentes medidas de eficiência alimentar no ranqueamento dos animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Seleção genética

A avaliação, seleção e uso de animais que possuam um perfil genético mais adequado para algumas características de interesse, é uma prática que tem sido cada vez mais utilizada pelos produtores, em busca de melhoria dos índices produtivos e econômicos da atividade pecuária.

Nesse sentido, características relacionadas ao crescimento e a reprodução têm sido priorizadas pelos programas de melhoramento genético, uma vez que são mais facilmente medidas e apresentam baixos custos de avaliação, resultando em um maior impacto financeiro no curto prazo.

Dentre as características mais utilizadas em programas de seleção nos dias de hoje, destacam-se as que são relacionadas ao crescimento animal, como o ganho de peso e o peso em idades específicas (210 e 550 dias), que estão relacionadas com a taxa de crescimento.

Tanto o crescimento quanto o desenvolvimento, estão relacionados com a deposição dos tecidos (músculo e gordura) na carcaça, e também ao rendimento de cortes comercializáveis. Considerando que, na maioria das vezes o produtor é remunerado com base no peso de carcaça quente na venda do animal, as características relacionadas ao tamanho e peso dos animais são importantes para os produtores.

Para se alcançar altos índices de eficiência, é importante que a produção alcance altos níveis de produtividade (SANTOS et al., 2002), possibilitando o abate de animais mais jovens e com maior peso de carcaça, além da redução do CMS, o que colabora diretamente para o capital de giro da propriedade, rentabilidade e viabilidade do sistema.

De acordo com Schwengber (2001), as avaliações genéticas dos animais para características ponderais contribuem para o aumento da produtividade dos rebanhos, o que, indiretamente, podem levar ao aumento do tamanho adulto dos animais, associado a uma maior exigência de energia para manutenção, com

impacto negativo no desempenho produtivo do rebanho, uma vez que, animais maiores demandam um maior consumo de alimentos comparados a animais menores, dessa forma, as despesas com alimentação podem aumentar significativamente.

Tradicionalmente, os programas de melhoramento genético em bovinos de corte têm se concentrado em aumentar as características finais do ciclo produtivo, tais como altas taxas de crescimento e peso de carcaça, sem considerar a quantidade de alimento consumido pelo animal e a eficiência com que esse alimento é transformado nos diferentes tecidos que compõem a carcaça.

Segundo Herd, Oddy e Richardson (2004), a alimentação dos animais é um dos itens com maior peso no sistema de produção, podendo corresponder até 70% dos custos totais, dependendo do sistema de produção adotado. Nesse sentido, Arthur, Archer e Herd (2004), afirmaram que existe uma potencial redução de custos para a indústria da carne bovina quando é considerada a seleção de animais em função da eficiência alimentar, por haver uma variação na eficiência de utilização dos alimentos existente entre os animais.

Em função disso, diversos estudos têm sido realizados visando o maior entendimento das bases envolvidas no processo de transformação do alimento em tecido (eficiência alimentar), de forma a utilizar esses conceitos na seleção de animais para melhorar a eficiência da cadeia produtiva de maneira geral.

2.2 Eficiência alimentar

As medidas de eficiência alimentar em bovinos de corte estão associadas com a eficiência de transformação dos alimentos em tecidos da carcaça, tais como músculo e gordura. Essas medidas são características econômicas de extrema importância, uma vez que levam em consideração o uso dos alimentos e consequentemente o seu custo.

De maneira geral, a eficiência alimentar é tradicionalmente calculada como conversão alimentar, pela relação entre o consumo e o ganho ($CMS \div GPD$), ou pela inversão dos termos da equação ($GPD \div CMS$) denominada eficiência alimentar

bruta (EAB) (NASCIMENTO et al., 2016). Porém de acordo com Herd e Bishop (2000), essas medidas quando utilizadas como critério de seleção, podem promover a seleção de animais maiores e consequentemente com maior demanda por nutrientes, o que pode não ser uma característica desejável, do ponto de vista econômico, dentro de um sistema produtivo, que tem como objetivo reduzir o consumo, sem reduzir a produtividade.

Para Richardson e Herd (2004), a variação na eficiência de uso dos alimentos para ganho de peso pode sofrer influência de alguns mecanismos fisiológicos, tais como, *turnover protéico*, metabolismo dos tecidos e estresse, digestibilidade, incremento calórico da fermentação, atividade física, composição corporal, padrão de alimentação, entre outros. Além disso, de acordo com Herd, Oddy e Richardson (2004) outra possível explicação para essa variação pode estar relacionada à produção de calor pelos animais.

O aumento na produção através da eficiência alimentar pode promover benefícios econômicos para as propriedades como também para o meio ambiente (MONTANHOLI et al., 2008) e pode ser feito através do aumento da produtividade por unidade área, uma vez que, a pecuária é responsável por cerca de 18% de toda a emissão de gases de efeito estufa produzido pela atividade humana. Dessa forma, a eficiência dos sistemas de produção animal não tem apenas importância do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista socioambiental (HEGARTY et al., 2007), pela redução dos poluentes oriundos da atividade pecuária.

Dentre as medidas utilizadas para estimar a eficiência em bovinos de corte é possível citar a conversão alimentar, a eficiência alimentar, a taxa de Kleiber (KLEIBER, 1936), a taxa de crescimento relativo (FITZHUGH JR.; TAYLOR, 1971), o consumo alimentar residual (KOCH et al., 1963), o ganho de peso residual (KOCH et al., 1963) e o consumo e ganho residual (BERRY; CROWLEY 2012).

Na indústria de aves e suínos, onde durante décadas tem ocorrido um trabalho intenso de melhoramento genético, a eficiência alimentar é um critério amplamente utilizado, em função do grande impacto da alimentação no custo de produção dessas espécies e também devido a maior facilidade de avaliação do consumo alimentar.

Já na bovinocultura, essas avaliações de consumo concentram-se principalmente em centros de pesquisa e empresas de melhoramento, principalmente porque, avaliar o consumo individual de um bovino demanda mão-de-obra e torna-se um trabalho oneroso. Porém, com o desenvolvimento de ferramentas e técnicas que visam facilitar esse trabalho, tem se tornado cada vez mais interessante para a indústria da carne enfatizar a eficiência alimentar dos seus rebanhos, como forma de aumentar a produção de carne por unidade alimento consumido no sistema de produção como um todo.

2.3 Mensurações das características de eficiência alimentar

As provas de alimentação exigem algumas particularidades, dentre elas, destacam-se como principais a utilização de estruturas ou equipamentos que permitam a quantificação do consumo de alimentos, feita a partir da coleta de sobras em relação ao alimento oferecido, ou por meio da diferença entre a quantidade de alimento contido no cocho antes e após a saída do animal. Outra exigência para execução do teste é um número mínimo de dias de controle da alimentação, para que seja possível estimar o desempenho, a partir dos dados de consumo, de maneira acurada.

Archer et al. (1997) avaliaram dados de consumo alimentar pós-desmama de 760 animais britânicos, e relataram que 35 dias foram suficientes para medir o consumo alimentar, enquanto que 70 dias foram necessários para medir a taxa de crescimento, conversão alimentar e consumo alimentar residual (CAR) com perdas mínimas na acurácia das medidas, desde que fossem pesadas a cada duas semanas em vez de mensalmente.

No entanto, as mensurações dessas variáveis requerem a avaliação individual do consumo de alimentos, que possui um alto custo, demanda tempo, além de ser difícil sua implantação em larga escala. Em função disso, tem utilizado novas ferramentas tais como a termografia infravermelho (MARTELLO et al., 2016), e as avaliações genéticas (ALEXANDRE et al., 2014) com o objetivo de poder estimar indiretamente e sem que seja necessário o abate dos animais para a determinação da eficiência dos animais a partir dessas técnicas.

De acordo com Herd, Oddy e Richardson (2004), a termorregulação é um fator relacionado à eficiência alimentar, pois está associada à produção de calor e ao metabolismo energético. Assim, o uso da termografia infravermelho por ser uma técnica de mensuração da produção de calor, tem a vantagem de ser não invasiva (SCHAEFER et al., 2012) e pode ser utilizada na tentativa de identificar animais mais eficientes através da mensuração da sua temperatura da superfície corporal.

De acordo com Nkrumah et al. (2006), animais mais eficientes tem uma menor temperatura de superfície corporal, bem como menor produção de metano comparados a animais menos eficientes e associam essas características a menores requerimentos de energia de manutenção, que por sua vez, estão relacionados com uma menor produção de calor (CASTRO BULLE et al., 2007; HEGARTY et al., 2007; MONTANHOLI et al., 2007). Para Martello et al. (2016) estudos apontam que a técnica de termografia infravermelho apresenta resultados promissores para avaliações de eficiência alimentar.

No entanto, esses resultados foram obtidos em pesquisas que utilizaram animais britânicos, continentais ou animais cruzados em ambientes controlados. No entanto, poucos são os estudos que utilizam a termografia para avaliar a eficiência alimentar em raças *Bos indicus* em regiões de clima tropical. Dessa forma, estudos envolvendo animais zebuínos, em especial a raça Nelore, devem ser intensificados, por ser a raça predominante do rebanho brasileiro para a produção de carne.

2.4 Medidas de eficiência alimentar

Existem diversas maneiras de se expressar a eficiência de utilização dos alimentos, sendo que as mais comuns são a eficiência alimentar bruta e a conversão alimentar, calculadas pela relação entre a quantidade de alimento consumido e o ganho de peso corporal. Porém, essas medidas não representam de maneira satisfatória o potencial produtivo do animal, podendo ocasionar problemas quando usadas em índices de seleção lineares, particularmente quando uma das variáveis constituintes é também do índice, como o ganho de peso, que é utilizado diretamente no cálculo da conversão alimentar (GUNSETT, 1984).

Além disso, a utilização de medidas mais simples para determinação da eficiência alimentar pode resultar na seleção de animais com composição corporal mais magra, uma vez que animais que depositam mais músculo são mais eficientes em relação àqueles que depositam mais gordura no ganho. Dessa forma, a seleção com base nessa característica pode levar a obtenção de animais mais tardios, com maior peso adulto e maiores requerimentos nutricionais de manutenção. Contudo, medidas um pouco mais complexas, como o consumo alimentar residual, ganho de peso residual, consumo e ganho residual, entre outras, surgem como uma maneira mais eficaz de quantificar a capacidade de aproveitamento dos alimentos pelos animais, considerando a ingestão de alimentos e o produto animal final (GOMES et al., 2012a).

A eficiência de utilização dos alimentos pelos animais é uma característica que tem grande impacto sobre a rentabilidade de sistemas de produção. Na pecuária de corte, grande parte dos programas de melhoramento genético enfatiza apenas a seleção para aumento dos pesos nas diferentes idades, ganho de peso médio diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo o desempenho reprodutivo (ALMEIDA; LANNA, 2004).

De acordo com Smith et al. (2011), os animais superiores em termos de eficiência, usados como melhoradores de rebanho, tem a capacidade de transmitir essa eficiência às suas progênies, com isso promover a redução de custos dentro do sistema produtivo, reflexo da economia com a alimentação de bezerros do nascimento ao abate, bem como na alimentação das novilhas de reposição.

A seleção de animais mais eficientes implica em uma menor exigência por alimentos, dispensando a incorporação de novas áreas, diminuindo os impactos ambientais e de acordo com Hegarty et al. (2007) reduz a emissão de poluentes tais como metano e óxido nítrico devido ao menor consumo, sem comprometer a taxa de crescimento. Nos ruminantes cerca de 8 a 14% da energia digestível é eliminada via gás metano (HERD et al., 2002). Essa informação sugere que os impactos causados pela bovinocultura podem ser reduzidos com a utilização de animais mais eficientes.

Ao contrário da conversão alimentar, a seleção para CAR parece selecionar animais de menor ingestão e menores exigências para manutenção, sem mudanças

no peso adulto ou no ganho de peso (BASARAB et al., 2003). Entretanto, a possível seleção de animais através dessa medida, poderia estar selecionando indivíduos com menor peso adulto, uma vez que de acordo com (BERRY; CROWLEY, 2012) são independentes do GMD, então, novas medidas como o GPR e o CGR foram desenvolvidas com o objetivo de identificar animais mais eficientes e de maior crescimento.

2.5 Consumo alimentar residual (CAR)

A avaliação dessa característica é mensurada em avaliações de eficiência alimentar e é definida como a diferença entre o consumo de matéria seca observado e o estimado em função do peso vivo metabólico médio (PVMM) e do ganho médio diário (GMD), obtidos em intervalos de tempo pré-definidos (KOCH et al., 1963). Dessa forma, nos animais mais eficientes avaliados por essa medida é possível observar um menor consumo de matéria seca em relação ao consumo estimado para uma determinada fase, apresentando valores negativos para essa característica de acordo com a seguinte fórmula:

$$CAR = CMSobs - CMSest [f(GMD; PVMM)]$$

O CAR é uma característica fenotipicamente independente do peso vivo metabólico e do ganho médio diário, que são medidas utilizadas na estimativa do consumo de alimentos (FERNANDES et al., 2014), e é uma medida relativamente independente das características de produção, dessa forma, maiores variações dos valores de CAR são reflexos dos processos metabólicos básicos (RICHARDSON et al., 2004; CASTRO BULLE et al., 2007). De acordo com Gomes et al. (2012a) essa é uma medida de eficiência alimentar, assim como a eficiência alimentar bruta e a conversão alimentar que utilizam informações a respeito da ingestão de alimentos e ganho de peso, no entanto, a diferença é que, na avaliação feita através do CAR também é considerado o peso vivo metabólico do animal no momento em que ele é avaliado.

A inclusão dos dados de PVMM nesse índice permite corrigir diferenças na eficiência, em situações que os animais apresentem possíveis diferenças de peso durante a avaliação, fazendo com que as diferenças na exigência estejam relacionadas às diferentes fases do crescimento, como também da deposição dos tecidos.

O modelo original para calcular o CAR não considera as diferenças entre a deposição de tecido magro e gordura. Porém, a eficiência energética do acúmulo de gordura é 1,7 vezes maior do que o acúmulo de proteína, embora mais água seja armazenada na retenção de proteína em relação a gordura (OWENS et al., 1995) e isso pode sim ter um impacto negativo em termos de gasto energético, pois segundo Schenkel, Miller e Wilton. (2004), animais mais eficientes (baixo CAR) podem ter maior deposição de tecido magro em relação aos animais menos eficientes (alto CAR).

Em uma pesquisa desenvolvida na Austrália por Richardson et al. (2001), ao utilizarem 38 novilhos Angus, selecionados em função do CAR pós-desmama de uma única geração, não verificaram diferenças significativas na deposição de gordura tanto sobre o *M. longissimus* ($7,4 \pm 0,8$ e $7,8 \pm 0,7$ mm), quanto no *B. femoris* ($9,0 \pm 0,6$ e $8,3 \pm 0,7$ mm) para baixo e alto CAR. Apesar disso, esses mesmos autores, ao avaliarem as correlações entre os pais desses animais, sugerem que a seleção pelo CAR pode levar a mudanças na composição corporal e na composição do ganho.

Por outro lado, Gomes et al. (2012b) ao avaliarem as características de corpo vazio e composição química de carcaças de bovinos Nelore (n=72) de alto médio e baixo CAR, verificaram que não houveram diferenças significativas no ganho de proteína e gordura, bem como no peso de carcaça entre os grupos. Demonstrando que o CAR pode ser utilizado em programas de melhoramento, devido ao menor consumo de alimentos pelos animais do grupo mais eficiente, sem que haja comprometimento na quantidade de gordura corporal.

Em trabalho realizado por Fernandes et al. (2014) , utilizando tourinhos da raça Purunã de três diferentes classes de CAR, foi possível observar que menores valores de CAR estavam associados à redução da conversão alimentar em 12,2% e o aumento da eficiência parcial de crescimento e da eficiência alimentar bruta em

15,5% e 13,3% respectivamente, demonstrando que os tourinhos classificados como mais eficientes para CAR apresentaram um menor consumo de alimento, porém com o mesmo nível de produção que os animais menos eficientes.

Nkrumah et al. (2006) verificaram que animais mais eficientes (baixo CAR), reduziram em 28% a emissão de metano, em relação aos menos eficientes, sugerindo que os impactos causados pela bovinocultura podem ser reduzidos com a utilização de animais mais eficientes.

De acordo com Castro Bulle et al. (2007), as variações para essa medida, quando avaliadas em indivíduos de um mesmo grupo podem estar associadas aos gastos energéticos relacionados aos processos fisiológicos de cada animal. Esses processos são descritos por Richardson e Herd (2004) em que citam que a variação na eficiência de uso dos alimentos para ganho de peso pode sofrer influência de alguns mecanismos fisiológicos, tais como, *turnover protéico*, metabolismo dos tecidos e estresse (representa 37% da variação de eficiência), digestibilidade do alimento (10%), incremento calórico da fermentação (9%), atividade (10%), composição corporal (5%), padrão de alimentação (2%) e outros (27%).

Porém, esses autores utilizaram animais europeus e em condições ambientais muito diferentes da realidade brasileira, em suas pesquisas, o que sugere que mais pesquisas sejam feitas no âmbito da eficiência alimentar utilizando animais zebuínos em ambientes de clima tropical.

Para Berry e Crowley (2012), o fato de o CAR não ter correlação com o GMD, pode resultar em uma baixa aceitação por parte da indústria, devido ao fato de que animais que consomem relativamente menor quantidade de alimentos possuírem taxas de crescimento menores e mesmo assim, podem ser classificados como mais eficientes através do CAR.

Contudo, o uso dessa medida como critério de seleção em programas de melhoramento genético pode ser fundamental, uma vez que, animais de baixo CAR, ou seja, mais eficientes e que apresentam consumo abaixo do pré-dito para o momento da avaliação, podem apresentar taxas de ganho semelhantes às de animais de alto CAR, que são menos eficientes por consumirem além do estimado para sua categoria, contribuindo assim para a redução de custos com alimentação.

2.6 Ganho de peso residual (GPR)

O ganho de peso residual proposto como uma medida de eficiência alimentar é representado como os resíduos de uma regressão múltipla, regredindo o ganho médio diário no consumo de matéria seca e no peso vivo metabólico (BERRY; CROWLEY, 2012).

Essa avaliação, segundo Crowley et al. (2010), assemelha-se ao cálculo do CAR, a diferença é que ao invés de regredir o consumo de matéria seca no ganho médio diário, ocorre o contrário, conforme descrito na fórmula a seguir:

$$GPR = GMDobs - GMDest [f(CMS; PVMM)]$$

Assim, animais mais eficientes avaliados por essa medida, apresentam maiores valores de ganho de peso residual para um mesmo nível de consumo e, segundo esses autores, estão em média, associados a taxas de crescimento mais altas, mas não tem associação com diferenças na ingestão de alimentos.

Ao utilizarem diferentes raças em seu trabalho, Crowley et al. (2010) verificaram que essa medida apresentou correlações de moderadas a altas com outras medidas de eficiência, sugerindo que essa medida pode ser utilizada como critério de seleção, ressaltando a vantagem de sua independência com o CMS e PVMM. Porém, esses mesmo autores verificaram animais com alto GRP, ou seja, mais eficientes, tiveram um menor peso inicial e maior peso final, e afirmaram que o ganho compensatório poderia ser uma razão por trás do alto GPR.

Para Gomes et al. (2012a), a diferença nos valores de ganho médio diário entre os animais são independentes de diferenças na quantidade de alimento ingerido, de forma que, animais de classes diferentes de eficiência apresentam ganhos médios diários diferentes consumindo a mesma quantidade de alimento, sugerindo que esta variação seja devido a capacidade que cada indivíduo possui para converter o alimento em peso vivo.

A independência do GPR em relação ao CMS pode resultar em animais que apresentem maiores taxas de crescimento, porém, pode ser acompanhada por uma

maior exigência energética, uma vez que, animais de maior tamanho podem apresentar uma demanda maior por alimento em relação a animais menores, o que pode comprometer a eficiência de uso dos alimentos através desse critério de seleção.

2.7 Consumo e ganho residual (CGR)

O intuito da avaliação dos animais através do consumo e ganho residual como ferramenta de seleção de acordo com Berry e Crowley (2012), é identificar animais que apresentem um maior GMD, necessitando assim de menos tempo em confinamento, associado a isso, uma ingestão de alimentos menor do que a esperada para suprir as demandas nessa fase do crescimento.

O CGR, proposto por Berry e Crowley (2012) é calculado como $(-1 * CAR)$ somado ao ganho de peso residual (GPR), ambos padronizados para a variância de 1. Essa multiplicação do CAR por (-1) , torna os valores dessa característica favoráveis em comparação aos valores positivos de ganho residual. Ao contrário da avaliação pelo CAR onde os valores negativos são favoráveis, a avaliação por meio do CGR assume que valores positivos são mais favoráveis.

$$CGR = GPR + ((-1) * CAR)$$

Dessa forma, o CGR não está associado a diferenças no CMS, e sim a maiores taxas de crescimento. Porém, animais selecionados para CGR apresentam em média um maior ganho médio diário (GMD) e uma redução na ingestão de matéria seca (BERRY; CROWLEY, 2012).

Isso sugere que animais selecionados através do CGR, podem representar uma redução nos custos com alimentação dos animais durante o confinamento, uma vez que, com taxas de crescimento mais rápidas bem como uma menor ingestão de alimentos, faz com que esses indivíduos permaneçam menos tempo confinados,

resultando em economia para o produtor, aumentando a viabilidade dos sistemas de produção.

Essa medida, assim como o CAR e o GPR, possui uma herdabilidade moderada (BERRY; CROWLEY, 2012), o que permite que essa medida possa ser inserida em programas de melhoramento genético. No entanto, como em outras medidas, essa avaliação requer os dados de consumo de matéria seca, sendo esta uma prática onerosa e mais difícil de quantificar, principalmente quando comparada aos custos com mensurações de outras características, tais como o ganho de peso e o perímetro escrotal (ALMEIDA; LANNA, 2004), o que pode tornar a avaliação pelo CGR difícil de ser implantada em larga escala, pela elevação dos custos e aumento da mão-de-obra.

2.8 Termografia infravermelho (TIV)

De acordo com Nkrumah et al., (2006), a menor produção de calor em animais eficientes está relacionada à menor exigência de manutenção. Isso pode ser consequência de alguns processos biológicos, como por exemplo, a menor produção de metano durante a digestão, baixa atividade física e menor reatividade a fatores ligados ao estresse. Dessa forma, animais mais eficientes demandam uma menor ingestão de energia através do consumo de alimentos, tornando-os assim animais superiores em termos de eficiência de utilização dos alimentos para conversão destes em produtos de origem animal.

Recentemente, em estudos feitos por Schaefer et al. (2005), Montanholi et al., (2008), Montanholi et al., (2009), a TIV vem sendo estudada na identificação de animais que apresentam menor emissividade de calor através da mensuração de temperatura na superfície corporal, relacionando-a com uma maior eficiência na utilização de alimentos. De acordo com Herd, Oddy e Richardson (2004), os mecanismos de termorregulação estão associados com o metabolismo energético e com o gasto de energia. Em seus estudos, utilizando 154 bovinos cruzados, avaliados em ambiente termoneutro, Montanholi et al., (2009) observaram correlação significativamente positiva entre o CAR e as temperaturas da superfície corporal, verificadas através de imagens termográficas, sendo que as superfícies

dos área ocular, membros anteriores, e bochecha foram mais quentes em animais menos eficientes.

Avaliações feitas através de imagens termográficas apresentam uma maior praticidade e aplicabilidade de uso, além da redução de custos para a determinação produção de calor de superfície, quando comparada aos métodos tradicionais tais como a produção de calor medida pela calorimetria indireta.

A avaliação de eficiência alimentar em bovinos através de imagens de TIV pode ser de grande valia, principalmente em países de clima tropical, como o Brasil, em que ocorrem temperaturas elevadas na maior parte do ano e os animais desviam sua energia através de mecanismos biológicos para a dissipação do calor durante o processo de termorregulação. Embora esses eventos também ocorram em países de clima temperado, onde, baixas temperaturas predominam durante maior parte do ano e os mecanismos utilizados pelos animais são os de produção de calor, para a manutenção da homeotermia.

Diversos estudos avaliaram diferentes medidas de eficiência, porém os resultados em animais da raça Nelore, principalmente relacionando esses índices com características de desempenho, carcaça e termorregulação ainda são escassos. Além disso, mais estudos sobre a relação entre esses índices e qual o possível impacto da sua utilização em programas de melhoramento genético são fundamentais para a melhoria da eficiência produtiva da bovinocultura de corte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Instalações

A pesquisa foi realizada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo *campus* de Pirassununga, SP de acordo com as normas do Comitê de Ética no Uso de Animais da FZEA/USP, sob protocolo nº 8886050916. O município de Pirassununga localizado geograficamente pelas coordenadas 21°57'02" S e 47°27'50" W, a aproximadamente 630 m acima do nível do mar, no estado de São Paulo, apresenta o clima do tipo Cwa de Köppen, com verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro) bem definidos e temperatura média anual de 22° e pluviosidade média aproximada de 1.360 mm.

O experimento foi conduzido no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia, que conta com dois sistemas de confinamento, sendo um composto por quatro baias coletivas com área de 230 m², cada uma equipadas com doze portões eletrônicos do tipo Calan Broadbent (American Calan Inc., Northwood, NH, EUA), que permitia o acesso individual de cada animal a um único cocho, possibilitando assim, o controle individual de consumo (Figura 1). A outra instalação era composta por baias individuais, em que os animais tinham livre acesso ao seu cocho. Ambas as instalações apresentavam piso de concreto, comedouro coberto e bebedouros coletivos.

Figura 1 – Confinamento em baias coletivas com portões eletrônicos do tipo calan gates para avaliação de consumo individual.

Fonte: Larissa Chagas.

3.2 Animais e alimentação

O experimento foi realizado durante dois anos consecutivos (2016 e 2017), sendo 43 animais em 2016 e 68 em 2017, totalizando 111 bovinos Nelore, machos não-castrados contemporâneos dentro de cada ano, com idade aproximada de 16 ± 2 meses, peso corporal médio de 420 ± 55 kg, todos provenientes do rebanho Universidade de São Paulo de Pirassununga, SP. Do total, 73 animais foram alojados no sistema equipado com portões eletrônicos, 38 em baias individuais.

Inicialmente os animais foram submetidos a um período de adaptação às instalações e as dietas por 21 dias, sendo que a adaptação às dietas foi realizada pelo aumento gradual do nível de concentrado na dieta, até atingir a relação V:C desejada (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição percentual da dieta utilizada (na matéria seca).

Ingredientes¹	% da Matéria seca
Silagem de milho	27,3
Sorgo grão	23,0
Milho moído	20,0
Polpa cítrica moída	20,0
Farelo de Soja 45%	8,0
Ureia	0,9
Sal comum	0,2
Núcleo Mineral ²	0,6
Nutrientes	
Proteína Bruta, %	13,8
Proteína Degradável no Rúmen, %	9,2
NDT, % ³	75,7
Cálcio	0,64
Fósforo	0,40

¹ Formulação realizada no software RLM 3.2 – Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo. Desenvolvido pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

² Minerthal 160MD (Minerthal) Cálcio, 208 g; cobalto, 148 mg; cobre, 2664 mg; enxofre, 64 g; flúor (máx.), 1600 mg; fósforo, 160 g; iodo, 141 g; manganês, 2200 mg; selênio, 37 mg; zinco, 7992 mg; monensina sódica, 4000 mg.

³ Estimado através de fórmula de (WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; ST. PIERRE, N. R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992).

Fonte: Própria autoria.

O alimento foi fornecido duas vezes ao dia, às 8:00 e 14:00 horas, na forma de ração total misturada. O ajuste da oferta de alimento foi realizado diariamente com base na avaliação das sobras do dia anterior, com uma oferta de matéria seca de 10% superior ao consumo observado do dia anterior.

Durante o experimento, foram realizadas coletas em dias alternados de amostras da dieta para avaliações periódicas dos teores de matéria seca e posteriormente, a composição bromatológica. As sobras foram retiradas diariamente, pesadas e amostradas semanalmente para determinação da matéria seca.

3.3 Desempenho e ultrassom

Ao final do período adaptação, no dia 01, os animais foram pesados com jejum de sólidos de 12 horas, e posteriormente nos dias (28, 56 e 70). Juntamente com as pesagens, foram colhidas imagens de ultrassonografia para determinação da área de olho de lombo (AOLU) e da espessura de gordura subcutânea (EGSU) entre a 12ª e a 13ª costelas, uma segunda imagem sobre o músculo *Biceps femoris* entre o ílio e o ísquio, para a determinação da espessura de gordura sobre este ponto (EGPU).

As avaliações de ultrassonografia da carcaça foram realizadas do lado esquerdo do animal, utilizando um equipamento de ultrassom, marca Aloka, modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 MHz e 172 mm de comprimento. Como acoplante acústico foi utilizado óleo vegetal, para obtenção de uma melhor recepção e transmissão de ondas, permitindo melhor qualidade na captura das imagens. As imagens escolhidas foram armazenadas em um computador portátil para em seguida serem analisadas através do *software* Lince® (M & S Consultoria Agropecuária Ltda. Pirassununga, São Paulo, Brasil).

O ganho médio diário (GMD) foi calculado por meio de regressão linear usando o tempo de confinamento e o peso vivo individual verificado a cada manejo, ao final do período do teste de alimentação (70 dias).

3.4 Avaliações por termografia infravermelho

As imagens de termografia infravermelho (TIV) foram realizadas nos dias de pesagem dos animais (Figura 2), utilizando uma câmera de infravermelho (TI 20–9 Hz, Fluke; Fluke Corporation, Everett, WA, USA). O valor de emissividade utilizado foi o de 0,98, que é a recomendação do fabricante da câmera para tecidos biológicos.

Figura 2 – Captura de imagem da face e região do globo ocular obtidas utilizando câmera de termografia infravermelho (TIV).

Fonte: Própria autoria.

As medidas de TIV avaliadas nesse estudo foram às médias das temperaturas máximas, médias e mínimas de cada região do corpo, capturadas do dia 1 ao dia 70 a cada 28 dias, das seguintes regiões: frente, área ocular, face, flanco, costelas e garupa (Figura 3). A captura das imagens foi feita de forma que a câmera estivesse sempre apontada perpendicularmente à região fotografada e com uma distância aproximada de 1m. As imagens foram interpretadas utilizando o *software* TESTO IRSoft versão 4.0.

As imagens foram capturadas durante a contenção dos animais no tronco de manejo, sempre a partir das 7 horas e com término das avaliações variando das 14 às 15 horas.

Um *data logger* (HOBO[®] U12) foi instalado no centro de cada baia, 2 m acima do piso, correspondente aproximadamente o nível da altura da cabeça dos animais, onde foram medidas as temperaturas de bulbo seco (TBS; °C), temperatura de globo negro (TGN; °C) e umidade relativa (UR; %).

Figura 3 – Imagem ilustrativa das regiões do corpo onde foram obtidas as imagens de (TIV) a) frente, b) costelas, c) flanco, d) garupa, e) região do globo ocular, f) face.

Fonte: MARTELLO, L. S. et al. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 60, p. 173-181, 2016.

3.5 Abate dos Animais

Ao fim do experimento, todos os animais foram transportados em caminhão apropriado para este fim até o Abatedouro Escola da Universidade de São Paulo, em Pirassununga, localizado aproximadamente 200 m do local de confinamento. O abatedouro é habilitado no Serviço de Inspeção do Estado de São Paulo (SISP) e segue os procedimentos requeridos pela legislação. No abatedouro, foram utilizados os procedimentos humanitários de abate, onde os animais foram insensibilizados por meio de concussão cerebral, exsanguinados pela secção da veia jugular esquerda e tiveram a cabeça, patas, couro, vísceras retirados.

Todas as carcaças foram divididas medialmente no sentido da espinha dorsal, resultando em duas metades similares, que foram pesadas para a obtenção do peso de carcaça quente. Após a pesagem, as meias-carcaças foram lavadas, identificadas e armazenadas em uma câmara de resfriamento a 4°C, por um período de 24 horas. Após o resfriamento, as meias-carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso de carcaça fria e seguiram para a sala de desossa, onde foram dissecadas separando-se ossos, porção comestível e aparas, para determinar o rendimento de carcaça.

Figura 4 – Carcaça bovina no momento do abate.

Fonte: Própria autoria.

3.6 Peso de corpo vazio

Após a evisceração, o trato gastrintestinal (TGI) de cada animal foi retirado e direcionado a uma sala, onde foi pesado cheio, em seguida esvaziado, lavado e pesado novamente.

O peso de corpo vazio (PCVZ) foi calculado pela diferença entre o peso vivo ao abate e o peso do conteúdo do trato gastrintestinal. Dessa forma, incluindo o peso dos demais órgãos, sangue, cabeça, patas e couro no cálculo do PCVZ de maneira indireta.

3.7 Medidas de eficiência

O CMS foi calculado pela diferença entre a quantidade fornecida diariamente e as sobras. O teor de matéria seca das amostras foi determinado de acordo com o método Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), pela secagem a 105°C por 24 horas.

O CAR de cada animal foi calculado, ao final do experimento em cada ano, de acordo com a metodologia descrita por Koch et al. (1963), considerando a diferença entre o CMS observado (CMS_{obs}) e o CMS estimado (CMS_{est}). Os valores de (CMS_{est}) foram obtidos por meio de análises de regressão usando o (CMS_{obs}) como variável dependente e como variáveis independentes foram considerados os valores de PVMM e GMD.

$$CMS_{est} = CMS [f(GMD; PVMM)]$$

$$CAR = CMS_{obs} - CMS_{est}$$

O GPR foi calculado considerando-se o GMD, estimado a partir de uma função de regressão linear múltipla tendo como preditores o PVMM e o CMS. Dessa forma, as diferenças entre indivíduos serão independentes, uma vez que o cálculo do GMD foi ajustado para o peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) e para a ingestão de alimentos pela equação descrita por Koch et al., (1963).

$$GMD_{est} = GMD [f(CMS; PVMM)]$$

$$CAR = GMD_{obs} - GMD_{est}$$

O consumo e ganho residual foi calculado de acordo com a função proposta por Berry e Crowley (2012), através da associação dos valores de consumo alimentar residual e o ganho de peso residual, de acordo com a seguinte equação:

$$CGR = GPR + ((-1) * CAR))$$

3.8 Análises estatísticas

A partir dos dados obtidos foram realizadas análises de correlações simples e regressão para avaliar as relações entre as características avaliadas e os diferentes índices de eficiência calculados. As análises foram realizadas através do procedimento CORR do software SAS 9.3.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

Também foram realizadas análises de correlações simples e de *ranking* (*Spearman*) entre as diferentes medidas para avaliar possíveis mudanças na classificação dos animais em cada uma delas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Correlação entre medidas de eficiência alimentar e características de desempenho

A estatística descritiva com valores de média, mínima, máxima e desvio padrão das características avaliadas no presente estudo é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Média, máxima, mínima e desvios-padrões das características de desempenho e medidas de eficiência alimentar em bovinos Nelore confinados.

Variáveis	Média	Mínima	Máxima	Desvio-padrão
Peso vivo inicial (kg)	419,8	276,0	580,0	55,12
Peso vivo 70 dias (kg)	562,6	376,0	696,0	55,11
Ganho de peso total (kg)	142,8	72,0	196,0	25,57
Peso vivo metabólico médio (kg)	104,6	77,5	126,9	8,68
Ganho médio diário (kg)	2,0	0,9	2,9	0,41
Consumo de matéria seca (kg)	11,3	6,2	15,5	1,77
Consumo alimentar residual	0,0	-2,4	3,4	1,08
Ganho de peso residual	0,0	-0,7	0,5	0,24
Consumo e ganho residual	0,0	-4,0	2,5	1,25
Eficiência alimentar bruta	0,2	0,1	0,3	0,03
Peso vivo ao abate (kg)	584,1	404,0	696,0	50,88
Peso de carcaça quente (kg)	346,7	234,0	433,2	33,54
Rendimento de carcaça quente (kg)	59,3	55,6	71,9	2,07
Gordura renal pélvica e inguinal (kg)	14,3	8,6	21,0	2,75
Gordura renal pélvica e inguinal (%PVAbate)	4,1	2,3	6,2	0,77
Trato gastrointestinal (kg)	44,8	30,7	61,5	5,60
Trato gastrointestinal (%PVAabate)	7,7	5,2	10,2	0,74
Peso de corpo vazio (kg)	551,7	381,3	666,4	49,72
Trato gastrointestinal (%PCVZ)	8,1	5,5	10,6	0,82
Área de olho de lombo inicial (cm ²)	58,3	41,8	75,8	7,53
Espessura de gordura subcutânea inicial (cm)	0,5	0,0	3,4	0,85
Espessura de gordura da picanha (cm)	2,9	0,0	8,2	1,44
Área de olho de lombo final (cm ²)	75,2	56,3	96,5	8,21
Espessura de gordura subcutânea final (cm)	4,7	1,5	9,0	1,89
Espessura de gordura da picanha final (cm)	7,9	0,0	15,9	2,67
Área de olho de lombo ganho (cm ²)	17,0	7,2	30,1	4,96
Espessura de gordura subcutânea ganho (cm)	4,2	1,3	8,9	1,71
Espessura de gordura da picanha ganho (cm)	5,1	1,7	10,1	1,85

Fonte: Própria autoria.

O coeficiente de correlação do CAR com o GMD foi próximo de zero (Tabela 3), o que já era esperado, uma vez que o cálculo do CAR considera GMD além do PVMM. Esse resultado demonstra que o CAR é fenotipicamente independente da taxa de crescimento (KOCH et al., 1963; BONILHA et al., 2013).

Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Lucila Sobrinho et al. (2011), Nkrumah et al. (2004) e Pereira et al. (2016), que relataram correlações próximos de zero entre essas duas variáveis ($r = -0,02$; $r = -0,03$ e $r = 0,03$, respectivamente).

Esse resultado era esperado em virtude da independência dessa medida em relação ao crescimento e tamanho do animal adulto, corroborando com dados de Koch et al. (1963) e relatados por Pereira et al. (2016).

Tabela 3 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de desempenho avaliadas em confinamento.

Variáveis	CAR	GPR	CGR
GMD	0,001	0,588**	0,114
CMS	0,612**	-0,002	-0,532**
EAB	-0,519**	0,667**	0,581**
PVI	-0,007	-0,143	-0,020
PV70	-0,009	0,156	0,038

GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca; EAB: eficiência alimentar bruta; PV70: peso vivo final do teste; CAR: consumo alimentar residual; GPR: ganho de peso residual; CGR: consumo e ganho residual. Significância *: ($P < 0,05$); **: ($P < 0,01$).

Fonte: Própria autoria.

Os valores de correlação entre o CAR e as características de CMS, GMD e PV70, apresentados nesse trabalho, foram semelhantes aos encontradas por Santana et al., (2012), que também verificaram significância apenas entre o CAR e CMS ($r = 0,67$), enquanto que para o GMD ($r = 0,00$) não observaram correlação significativa. Esses autores justificaram que essas correlações eram esperadas porque o CAR é baseado no CMS, dessa forma o GMD e o PV70 não poderiam ser influenciados pela seleção através do CAR.

A correlação de ($r= 0,44$) entre o CAR e o CMS relatada por Pereira et al., (2016), foi inferior a encontrada neste trabalho porém, também foi significativa, confirmando que ocorre o aumento do consumo com o aumento do valor de CAR.

Os dados de correlação entre o CAR e o GMD foram semelhantes aos encontrados por Fernandes et al. (2014), no entanto, em seu trabalho, os autores encontraram valores menores de correlação do CAR com CMS ($r= 0,36$) e com a EAB ($r= -0,37$). E relataram que a correlação desse índice com a EAB significa que ocorre o aumento de cerca de 13,3% dessa medida com a diminuição do CAR, ou seja, o animal é relativamente eficiente nas duas medidas. Os mesmos autores justificaram, em relação ao CAR, um aumento da eficiência de uso dos alimentos pela redução do CMS na medida, em que ocorre a diminuição do CAR sem que haja alterações no GMD e no PV.

A correlação entre o CAR e o CMS está de acordo com dados da literatura relatados por Berry e Crowley (2012), Lucila Sobrinho et al. (2011), Nkrumah et al., (2004), que atribuem um menor consumo de alimentos pelos animais mais eficientes, quando comparados aos menos eficientes. Dessa forma, o impacto dessa característica é altamente relevante para a cadeia produtiva bovina, pois a eficiência de uso dos alimentos dentro de um sistema produtivo pode aumentar a produtividade, através de um menor consumo de alimentos para um mesmo nível de produção e representar economia para os produtores pela redução de custos com alimentação (ARCHER et al., 1999).

Foi observada uma correlação negativa entre o CAR e a EAB, que está de acordo com os relatados por Lucila Sobrinho et al. (2011), que trabalharam com 121 bovinos da raça Nelore, e reportaram um coeficiente de correlação de ($r= -0,25$). Talvez, na pesquisa desenvolvida por esses autores, essa diferença numérica tenha sido motivada pelo uso de dois rebanhos diferentes, Nelore controle e Nelore seleção, que foram selecionados para peso pós-desmama.

O CAR não apresentou correlação com o PV70, comprovando a independência desse índice com o peso maduro do animal (BASARAB et al., 2003). Essa falta de correlação pode significar que animais selecionados como baixo CAR podem atingir o mesmo peso de animais de alto CAR (menos eficiente) com um reduzido CMS ao longo do período de terminação.

Foram observadas correlações entre o GPR e as seguintes características GMD, EAB, porém não houve correlação com o CMS, PVI e PV70. Por não utilizar diretamente o CMS para calcular o GPR, de acordo com Crowley et al. (2010) pesquisas têm relatado que a seleção animais mais eficientes por esse índice pode estar associada maior capacidade individual do animal em converter alimento em peso.

O CGR apresentou correlações de média magnitude com CMS e EAB, que foram as mesmas características correlacionadas com o CAR, porém em sentidos opostos ($r = 0,612$ e $r = -0,519$, respectivamente). Uma particularidade dessa medida é que, por ser uma associação entre as duas medidas de eficiência CAR e GPR, sendo o CAR uma medida que seleciona animais de menor consumo e o CGR que seleciona animais com taxas de crescimento maiores, o CGR teria a capacidade de conciliar os benefícios de redução de CMS e rápido crescimento, em apenas um índice.

Em sua pesquisa Berry e Crowley (2012) utilizando 2.605 animais de grupos genéticos diferentes, verificaram uma correlação entre o CGR e o consumo ($r = -0,34$), essa menor intensidade da correlação pode ter sido em função do grande número de animais utilizados, tornando a avaliação mais sensível. Esses autores relataram uma correlação entre o CGR e o GMD de ($r = 0,41$), e indicaram que o CGR tem a capacidade de unir os benefícios de ambas às medidas, onde, em média, animais selecionados por esse índice, apresentam menor CMS e maior crescimento, porém no presente estudo não houve correlação entre essas variáveis.

4.2 Correlações entre índices de eficiência e características de carcaça

De maneira geral as características de carcaça apresentaram baixos coeficientes de correlações com todas as medidas de eficiência avaliadas no trabalho conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de carcaça ao abate.

Variáveis	CAR	GPR	CGR
PCQ	-0,092	0,183	0,115
RCQ	-0,043	-0,076	0,022
GRPIkg	0,024	0,240*	0,025
GRPI%PVabate	0,078	0,170	-0,035
TGIkg	0,033	0,226*	0,015
TGI%PVabate	0,128	0,079	-0,096
PCVZkg	-0,074	0,210*	0,105
TGI%PCVZ	0,119	0,089	-0,086

PCQ: peso de carcaça quente; RCQ: rendimento de carcaça quente; GRPIkg: gordura renal pélvica e inguinal em quilogramas; GRPI%PVabate: gordura renal pélvica e inguinal em porcentagem de peso ao abate; TGIkg: trato gastrointestinal em quilogramas; TGI%PVabate: trato gastrointestinal em porcentagem do peso ao abate; PCVZkg: peso de corpo vazio em quilogramas; TGI%PCVZ: trato gastrointestinal em porcentagem do peso de corpo vazio; CAR: consumo alimentar residual; GPR: ganho de peso residual; CGR: consumo e ganho residual. Significância: * ($P < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Não houve correlação entre o CAR e as características de carcaça avaliadas no presente estudo. Com base nesses resultados pode-se afirmar que animais selecionados pelo CAR independente da classe (alto, médio ou baixo), podem possivelmente apresentar as mesmas características desejáveis ao abate. Isso pode significar que, animais baixo CAR (mais eficientes) podem alcançar os mesmo níveis de produção que os animais de alto CAR (menos eficientes), com considerável redução dos custos com alimentação, devido ao menor consumo de alimentos apresentado por animais de baixo CAR.

Quando o índice utilizado como critério foi o GPR, houve uma baixa correlação com a GRPIkg ($r = 0,240$), indicando que animais mais eficientes podem apresentar um maior acúmulo de gordura na cavidade abdominal e, talvez por esse motivo, não tenha sido possível observar correlação significativa entre o GPR e o rendimento de carcaça, já que apesar de tenderem a apresentar um maior PCQ, esses animais depositam mais gordura interna. No entanto, quando essa gordura foi calculada em porcentagem do peso corporal GRPI% não houve correlação ($r = 0,170$).

O GPR apresentou correlações significativas com as variáveis de TGIkg e PCVZkg respectivamente, que são características que se interpõem, uma vez que, o PCVZkg, é altamente dependente do peso do TGIkg. Dessa forma, é compreensível que ambas as medidas tenham apresentado correlação com o GPR. Porém, quando avaliadas em porcentagem, não foram detectadas correlações entre o GPR e TGI%PV70 e o TGI%PVCZ.

O CGR comportou-se de maneira semelhante ao CAR, não apresentando correlação com as características de carcaça.

4.3 Correlação entre medidas de eficiência e características de carcaça avaliadas por ultrassom

O CAR apresentou correlações significativas para EGS final e EGS ganho, bem como EGP final e ganho, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência e características de carcaça avaliadas por ultrassom.

Variáveis	CAR	GPR	CGR
Inicial			
AOL	0,051	-0,132	-0,070
EGS	0,027	-0,186	-0,059
EGP	0,117	-0,150	-0,131
Final			
AOL	0,122	-0,061	-0,118
EGS	0,348**	-0,188*	-0,340**
EGP	0,223*	-0,030	-0,200*
Ganho			
AOL	0,124	0,099	-0,088
EGS	0,371**	-0,115	-0,345**
EGP	0,202*	0,082	-0,159

AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea; EGP: espessura de gordura da picanha; CAR: consumo alimentar residual; GPR: ganho de peso residual; CGR: consumo e ganho residual. Significância: * (P<0,05); ** (P<0,01).

Fonte: Própria autoria.

De acordo com esses dados, por haver correlações positivas com essas medidas, animais de maior CAR apresentam maior deposição de gordura tanto no

contra-filé (*M. longissimus*), quanto na picanha (*B. femoris*). Isso pode ter grande impacto por parte do mercado consumidor, que atribui essa camada de tecido adiposo como um dos principais fatores relacionados à qualidade da carne e de mais fácil observação. No entanto, é sabido que para uma maior deposição de gordura, o animal demanda maior consumo de energia, pois, o gasto energético para a deposição desse tecido é maior quando comparado à deposição de proteína no corpo do animal.

As correlações do CAR com as características iniciais de AOL, EGS, EGP bem como a AOL final e ganho não foram significativas. Em relação à AOL, no presente estudo, os dados estão de acordo com Nkrumah et al. (2004), que não encontraram correlação entre essas variáveis ($r = -0,09$), contudo, esses autores também detectaram uma correlação entre o CAR e a EGS ($r = 0,19$) em que animais de alto CAR apresentaram maiores valores de EGS.

De acordo com Richardson e Herd (2004), esse processo de síntese, degradação, metabolismo dos tecidos e estresse são responsáveis por cerca de 37% da variação no CAR. Dessa forma, embora esses animais tenham maior capacidade de sintetizar as proteínas que compõem o tecido muscular, sua taxa de degradação também é mais elevada em relação aos animais de baixo CAR.

O GPR apresentou correlação significativa apenas para a EGS final, indicando que esse índice, quando usado como critério para a seleção de animais, tem como característica a alta taxa de crescimento, porém animais que apresentam crescimento mais rápido tendem a apresentar maior deposição de tecido muscular em relação ao tecido adiposo, pois a deposição do tecido adiposo, de acordo com Brody (1945), Berg e Butterfield (1968) e revisadas por Owens et al. (1995), é mais tardia e demanda alta disponibilidade de energia consumida. As demais correlações entre o GPR e as características avaliadas não foram significativas.

Foram observadas correlações negativas entre o CGR e as avaliações finais de EGS final, EGP final e EGS ganho. Correlações negativas, apontam que animais selecionados através desse índice, podem ter uma redução na deposição gordura subcutânea no contra-filé e na picanha, à medida que os valores de CGR aumentam (maior eficiência). Essa correlação negativa condiz com Berry e Crowley (2012) os quais afirmam que, animais selecionados pelo CGR apresentam em média maior

taxa de crescimento e menor consumo, corrigindo algumas deficiências atribuídas ao CAR em relação a possível seleção de animais menores.

4.4 Correlações entre índices de eficiência e características de termografia

De maneira geral, foram observados baixos coeficientes de correlação entre as diferentes medidas de eficiência com as medidas de termografia (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficientes de correlações entre as diferentes medidas de eficiência com temperaturas máxima, média e mínima de cada região do corpo avaliadas por termografia infravermelho e temperatura retal (TR).

Parâmetros	CAR	GPR	CGR
Fronte			
Máxima	0,063	0,015	-0,051
Média	0,031	0,049	-0,017
Mínima	0,035	0,023	-0,026
Face			
Máxima	0,025	0,050	-0,012
Média	-0,030	0,062	0,038
Mínima	-0,046	0,053	0,050
Costela			
Máxima	0,003	0,063	0,010
Média	-0,011	0,062	0,022
Mínima	-0,010	0,051	0,019
Flanco			
Máxima	-0,024	0,024	0,026
Média	-0,006	0,066	0,019
Mínima	0,003	0,056	0,009
Garupa			
Máxima	-0,007	0,091	0,025
Média	-0,035	0,095	0,050
Mínima	-0,045	0,089	0,057
Olho			
Máxima	0,030	0,078	-0,011
Retal			
TR	-0,088	0,154	0,109

Significancia: * ($P < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

A falta de correlação entre essas medidas pode ter ocorrido em função da variação de temperatura e de animais que houve entre os anos. Além disso, os animais em estudo foram conduzidos ao manejo ao longo do dia, em que a temperatura média do ambiente (Figura 5), estava acima da zona de conforto dos animais, somado a esse fator vale ressaltar o possível estresse causado pela condução dos animais ao local de manejo, ter influenciado a temperatura de superfície corporal no momento da avaliação.

Figura 5 – Valores máximos e mínimos da temperatura nos dias de manejo para coleta de imagens.

Fonte: Própria

A hipótese de que a temperatura do ambiente pode ter influenciado negativamente as avaliações de correlação é suportada por estudos realizados por Martello et al. (2016), que verificaram incidência de temperaturas mais elevadas no período das 12:00 às 15:00 horas, período em que os animais ainda estavam sendo avaliados nesta pesquisa, que pode ainda caracterizar um médio estresse térmico para o animal.

De acordo com os mesmos autores, sob condições de estresse, em ambientes onde a temperatura do ar permanece acima do limite crítico, podem ocorrer alterações nos mecanismos de termorregulação para a manutenção da temperatura central do corpo, pois, de acordo com Silva (2000), pode ocorrer primeiramente por condução, convecção e radiação, e são dependentes da diferença do gradiente térmico existente entre temperatura do ambiente e a temperatura corporal.

Além disso, Martello et al. (2016), verificaram variações próximas aos 16 °C quando avaliaram a fronte dos animais e associaram essa flutuação ao ambiente aos quais os animais foram alojados e eram sujeitos às variações ambientais, requerendo alguns ajustes no sistema termorregulatório através da dissipação de calor pela transpiração.

Vale ressaltar que no momento da avaliação da TIV, era feita a contenção dos animais no tronco de manejo, para a realização de outras avaliações feitas no estudo, como ultrassom e a pesagem. Isso pode ter contribuído para elevar o nível de estresse que pode ter provocado o aumento da vasodilatação, que de acordo com Habeeb et al. (1992) aumenta o fluxo sanguíneo na superfície da pele dos animais, facilitando a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos (condução, convecção e radiação), dessa forma interferindo na detecção de correlações entre a TIV e medidas de eficiência.

Estudos indicam que menores requerimentos para manutenção em animais mais eficientes, provavelmente resultam em menos calor dissipados sobre a superfície corporal (RICHARDSON et al., 2001; CASTRO BULLE et al., 2007), diferente dos animais utilizados por esses pesquisadores, no presente estudo, foram utilizados animais *Bos indicus*, sem controle das características ambientais e não houveram correlações entre as medidas de eficiência e TIV.

São relatados na literatura associações entre as medidas de termografia e medidas de eficiência (MONTANHOLLI et al., 2008; MONTANHOLLI et al., 2009). No entanto, em sua maioria, as pesquisas utilizaram animais taurinos, alojados em ambientes de clima controlado, o que pode ter favorecido a detecção de variações de emissão de calor entre grupos de animais separados de acordo com sua eficiência.

Ao trabalharem com animais zebuínos, Martello et al. (2016), encontraram diferenças significativas em animais de alto e baixo CAR ao avaliarem a TIV da fronte ($P= 0,008$) e da área ocular ($P= 0,0439$), mostrando que animais de baixo CAR apresentaram temperatura maior na região da fronte, o que não era esperado. Porém, justificaram que animais de baixo CAR apresentaram maior temperatura por terem um mecanismo termorregulatório mais eficiente.

Martello et al. (2016), ressaltaram que esse resultado pode ter ocorrido pela falta da termoneutralidade do ambiente em que os animais foram alojados, pois, diariamente durante um período aproximadamente de 4 horas a temperatura média atingia os 24 °C, isso indica que os animais foram submetidos a um médio estresse. Estudos prévios feitos por Montanhholi et al. (2008) e Montanhholi et al. (2009), mostraram que em ambiente termoneutro os mecanismos de termorregulação dos animais não são ativados e o calor dissipado por radiação reflete o gasto de calor, inferindo que os animais de baixo CAR apresentam menor temperatura que animais de alto CAR.

Ainda são necessários estudos mais detalhados envolvendo animais zebuínos, avaliando as condições ambientais as quais os animais são submetidos e as respostas produzidas por eles para ativação dos mecanismos de termorregulação.

4.4 Correlações entre índices de eficiência

Foi observado um alto coeficiente de determinação entre o CGR e o CAR ($R^2 = 0,9762$), apresentado na Figura 6, que mostra uma correlação de alta magnitude entre essas duas medidas, comprovando a intensa ligação entre elas, como já citado anteriormente, em que o CGR apresentou sempre correlações com as mesmas características correlacionadas com o CAR.

Figura 6 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência CGR e CAR avaliadas em bovinos Nelore.

CGR: Consumo e ganho residual; CAR; Consumo alimentar residual; R^2 : coeficiente de determinação.

Fonte: Própria autoria.

Em seu trabalho Berry e Crowley (2012) encontraram uma correlação entre o CAR e o CGR de ($r = -0,85$), condizendo com os valores encontrados nesse trabalho, isso sugere que essas medidas são semelhantes, no entanto, no CGR animais mais eficientes apresentam valores positivos, enquanto quando avaliados pelo CAR, valores negativos são atribuídos aos animais mais eficientes. Isso ocorre devido ao cálculo do CGR utilizar em sua fórmula os dados de GPR somados ao CAR, sendo o CAR multiplicado pela variância de (-1).

Pela dispersão dos dados de GPR em função do CAR (Figura 7), foi possível notar que existiu uma maior variação dos dados refletidos no baixo coeficiente de determinação entre estes índices ($R^2 = 0,3736$), porém uma tendência na direção da linha pôde ser verificada, em que, à medida que o CAR aumentou, o GPR diminuiu.

Figura 7 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência GPR e CAR avaliadas em bovinos Nelore.

GPR: Ganho de peso residual; CAR: consumo alimentar residual; R^2 : coeficiente de correlação.

Fonte: Própria autoria.

Esses dados estão de acordo com os encontrados por Berry e Crowley (2012), que encontraram valores de correlação de -0,40 entre o GPR e CAR, sendo que existe uma menor correlação entre CAR e o GPR, quando comparado ao CGR.

Essa correlação negativa existe porque os indivíduos mais eficientes selecionados pelo GPR apresentam valores positivos ao contrário da seleção feita em função do CAR, porém, as variáveis utilizadas para calcular o GRP não focam no CMS e sim no GMD, ao contrário do CAR que avalia os animais pelo CMS.

Dessa forma, é possível que animais com mesmo CAR apresentem maiores variações em termos de GPR. Porém, animais selecionados pelo GPR, ao estimarem o GMD como fonte de variação da equação, pode levar a seleção de animais com maior potencial de desempenho, por meio de maiores taxas de ganho, no entanto, indiretamente, essa seleção pode levar à seleção de animais menos eficientes em termos de utilização dos alimentos, uma vez que, animais maiores demandam mais energia.

Os índices de CGR e GPR (Figura 8) apresentam um coeficiente de determinação no valor de ($R^2 = 0,526$), em que são atribuídos valores positivos maiores para os animais mais eficientes.

Figura 8 – Correlação entre as diferentes medidas de eficiência CGR e GPR avaliadas em bovinos Nelore

CGR: Consumo e ganho residual; GPR: ganho de peso residual; R^2 : coeficiente de correlação.

Fonte: Própria autoria.

Os valores de correlação de acordo com Berry e Crowley (2012), para esses índices foram altos ($r=0,85$), em termos de correlação esse resultado foi maior do que o encontrado no presente estudo ($r=0,725$), no entanto, ambos demonstraram haver uma forte correlação entre essas medidas.

Tanto o CGR, quanto o GPR, assumem que os indivíduos selecionados como mais eficientes por alguma dessas medidas apresentam valores positivos. A dispersão dos dados observados entre esses índices mostra que, embora haja variação entre as medidas, a direção da linha de eficiência segue um mesmo sentido.

A seleção indivíduos através do CGR em relação ao GPR pode resultar na escolha de animais superiores que apresentem maior ganho de peso, juntamente com redução em termos de CMS.

Dessa forma, o CGR, em linhas gerais estaria atribuindo em apenas uma medida de eficiência, as características de CMS reduzido em relação à taxa de ganho e o PVMM e associado a isso, um maior GMD característico da seleção

através do GPR, corrigindo assim a possível seleção de animais menores através do CAR e do GPR.

4.5 Correlações de ranking entre os índices

Como esperado, os índices de eficiência apresentaram altas correlações de *ranking* (Spearman) entre si (Tabela 7). Houve uma correlação na ordem de ($r = -0,619$) entre o CAR e o GPR. Quando o CAR foi avaliado junto com o CGR a correlação foi de ($r = -0,984$), assim, a alta correlação entre essas duas medidas se mostra antagônica em termos numéricos, porém, os altos valores de correlação demonstram que ambas as medidas selecionam os animais mais eficientes.

Entre o CGR e o GPR a correlação foi de 0,736, esses dados confirmam que os animais quando selecionados por qualquer uma dessas medidas CAR, GPR ou CGR, apresentam-se como animais de alta eficiência.

Tabela 7 – Correlação de *ranking* entre diferentes medidas de eficiência avaliadas em animais Nelore.

Variáveis	Medidas de eficiência		
	CAR	GPR	CGR
CAR		-0,619	-0,984
GPR			0,736
CGR			

CAR: Consumo alimentar residual; GPR: ganho de peso residual; CGR: consumo e ganho residual.

Fonte: Própria autoria.

Ao avaliarem as correlações de ranking em animais selecionados com base no CAR e na EAB em dois períodos diferentes, Gomes et al. (2012b), observaram que não houve diferenças nas características de desempenho entre os dois períodos, sendo que animais de baixo CAR apresentaram menor CMS no primeiro

período, enquanto que no segundo houve apenas uma tendência para essa diferença.

Ainda segundo esses autores, houve correlação moderada para o CAR e baixa para a EAB ($r=0,40$) e ($r=0,11$), entre os dois períodos, respectivamente, fazendo com que houvesse uma mudança no ranking entre os períodos. Porém, não houve diferença no CMS apresentado no segundo período, confirmando o re-ranking desses animais. De acordo com Herd et al. (2003), a seleção de animais jovens mais eficientes, poderia aumentar a eficiência do rebanho adulto, no entanto, as correlações apresentadas por Gomes et al. (2012b), mostraram que a seleção de animais mais eficientes na fase pós-desmama pode ser limitada em fases subsequentes.

Ao avaliarem dietas diferentes em períodos diferentes as correlações encontradas por Durunna et al. (2011) também foram baixas para o CAR e a EAB ($r=0,33$ e $r=0,20$), respectivamente, entre os períodos avaliados.

As altas correlações entre os diferentes índices apresentados neste trabalho foram maiores que os encontrados por esses autores, porém, na avaliação não foi feita a separação por ano, uma vez que não seriam os mesmos animais a serem avaliados, dessa forma, possivelmente os coeficientes de correlação também seriam superiores, comparados aos resultados avaliados dentro de um mesmo grupo em períodos diferentes, em virtude da limitação dos efeitos da seleção nas diferentes fases relatadas por Gomes et al. (2012b).

Porém, a seleção feita na eficiência alimentar, indica que o ranqueamento feito por uma dessas medidas, pode alterar a classificação de ordem dos animais quando ele é ranqueado utilizando uma medida diferente, dentre as medidas avaliadas, como critério de seleção.

Isso pode ocorrer de maneira mais contrastante à medida que os valores de correlação forem mais baixos, como por exemplo, em um grupo de animais, um animal ranqueado numericamente através do índice de CAR, pode possivelmente ocupar uma posição diferente quando ranqueado pelo CGR.

Ainda são necessários mais estudos no âmbito da eficiência alimentar em animais zebuínos, em especial os da raça Nelore, devido a sua importância na bovinocultura brasileira, para estimar suas possíveis correlações com características

de desempenho e carcaça melhorando a eficiência produtiva do rebanho e verificar seus reflexos na terminação desses animais, além disso, verificar possíveis correlações entre as medidas de eficiência e a termografia, a fim de utilizá-la como uma ferramenta menos invasiva para estimar a capacidade de eficiência dos animais através da produção de calor.

5 CONCLUSÕES

O CAR é a medida que mais se aplica na seleção de animais para as características de eficiência, selecionando animais de menor CMS, sem prejuízos as características de desempenho, porém, a correlação positiva entre o CAR e a deposição de gordura na carcaça avaliada por ultrassonografia seleciona animais mais magros.

O CGR apresentou correlações semelhantes as do CAR, em termos práticos, sua aplicabilidade nos programas de seleção exige os dados de GPR, tornando seu uso limitado.

Não houve correlação entre a termografia infravermelho e às medidas de eficiência.

As medidas CAR e CGR selecionam animais mais eficientes em termos de menor consumo, enquanto que o GPR seleciona animais de maior GMD.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, P.A. et al. Bovine NR1I3 gene polymorphisms and its association with feed efficiency traits in Nellore cattle. **Meta Gene**, Amsterdam, v. 2, p. 206–217, 2014.
- 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, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, 1995.
- ARCHER, J. A. et al. Optimum postweaning 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.
- ARCHER, J. A., RICHARDSON, E. C., HERD, R. M., ARTHUR, P. F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 50, p. 147–161, 1999.
- ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 44, p. 361-369, 2004.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p.189-204, 2003.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 611-619, 1968.
- BERRY, D. P.; CROWLEY J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency ingrowing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 109-115, 2012.
- BONILHA, E. F. M. et al. Body chemical composition of Nellore bulls with different residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 7. 2013.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold; 1945.
- CAMPOS, A. C.; DE PAULA, N. M. A evolução da agropecuária brasileira nos anos 90. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 29, n. 4, p. 177-199, 2002.
- 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.

CRANWELL, C. D. et al. Influence of steroid implants and concentrate feeding on carcass and Longissimus muscle sensory and collagen characteristics of cull beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p.1777-1783, 1996.

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.

DURUNNA, O. N. et al. Feed efficiency differences and reranking in beef steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.89, p. 158-167, 2011.

FERNANDES, S. R. et al. Características de desempenho e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 1, p. 268-276, 2014.

FERRAZ, J. B. S.; DE FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FITZHUGH, H. A.; TAYLOR JR., C. S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, p. 717-725, 1971.

GOMES R. C. et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 150, n. 1-3, p. 265-273, 2012b. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.09.012.

GOMES, R. C. et al. **Ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos e ovinos de corte**. Ribeirão Preto: Funpec, 2012a.

GUNSETT, F. C. Linear index selection to improve traits defined as ratios. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, p. 1185-1193, 1984.

HABEEB, A. L. M.; MARAY, I. F. M.; KAMAL, T. H. Farm animals and the environment. Cambridge: CAB, p. 428, 1992.

HEGARTY, R. S. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1479-1486, 2007.

HERD, R. M. et al. Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake. In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, Montpellier. **Proceedings....** Montpellier, v.7, p. 10-22, 2002.

HERD, R. M.; ARCHER J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: opportunity and challenges to application1. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 8, n. Suppl1, p. E9-E17, 2003. DOI:10.2527/2003.8113_suppl_1E9x

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

KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food production. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 29., 1936, Madison. **Proceedings...** Madison: Wisconsin University, p. 247-258, 1936.

KOCH, R. M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 486-494, 1963.

LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual feed intake: um novo critério de seleção? In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, p. 248-259, 2004.

LUCILA SOBRINHO, T. et al. Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 929-937, 2011.

MARTELLO, L. S. et al. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 60, p. 173-181, 2016.

MONTANHOLI, Y. R. et al. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 33, p. 469–475, 2008.

MONTANHOLI, Y. R. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 125, n. 1, p. 22-30, 2009.

MONTANHOLI, Y. R., Swanson K. C., Miller S. P., Palme R., Schenkel F. S. Relationships between residual feed intake and infrared thermography and glucocorticoid levels in feedlot steers in three different sire breed. In: CANADIAN NUTRITION CONGRESS, 2007, Winnipeg. **Proceedings...** Winnipeg, 2007. p. 36.

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**, Champaign, v. 84, p.145-15, 2006.

OWENS, F. N. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3152-3172, 1995.

PEREIRA, M. S. C. et al. Relationships of feedlot performance, feeding behavior, rumen morphometrics, and carcass characteristics of Nellore cattle differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 4287-4296, 2016.

RICHARDSON, E. C. et al. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 41, p. 1065–1072, 2001.

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**, East Melbourne, v. 44, p. 431-440, 2004.

SAINZ, R. D.; PAULINO, P. V. **Residual feed intake**. University of California, 2004. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/9w93f7ks#page-1>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SANTANA, M. H. A. et al. Feeding and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 154, p. 252-257, 2012.

SANTOS, E. D. G. et al. Influência da suplementação com concentrados nas características de carcaça de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1823-1832, 2002.

SCHAEFER, A. L., BASARAB, J., SCOTT, S., COLYN, J., MCCARTNEY, D., MCKINNON, J., OKINE E., TONG, A. K. W. The relationship between infrared thermography and residual feed intake in cows. **Journal of Animal Science**, v. 83 p. 263, (Supl.1/J), 2005.

SCHENKEL, F. S.; MILLER, S. P.; WILTON, J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls **Canadian Journal of Animal Science**, Ontario, v. 84, p. 177-185, 2004.

SCHWENGBER, E. B. **Produtividade acumulada e peso adulto como características alternativas na seleção de fêmeas da raça nelore**. 103 f. 2001. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2001.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. **Nobel**, p 286, São Paulo, 2000.

SMITH, R. M. et al. Effects of selection for decreased residual feed intake on composition and quality of fresh pork. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 192-200, 2011.

SOMWARU, A.; CONSTANZA, V. Brazil's beef production and its efficiency: a comparative study of scale economies. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 7., 2004, Washington, DC. **Proceedings...** Washington, DC, 2004. Disponível em: <<https://jgea.org/resources/download/1860.pdf>>. Acesso em: 13 Feb. 2017.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; ST. PIERRE, N. R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992.