

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

**USO DA AUTOMAÇÃO PARA ESTIMAÇÃO DE CONSUMO
ALIMENTAR, PESO VIVO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM
BOVINOS DE CORTE**

Adriano Santana Crozara

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco

GOIÂNIA

2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Adriano Santana Crozara

Título do trabalho: Uso da Automação para Estimativa de Consumo Alimentar, Peso Vivo e Eficiência Alimentar em Bovinos de Corte

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

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

Adriano Santana Crozara
Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

[Assinatura]
Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 26 / 03 / 2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.
Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

ADRIANO SANTANA CROZARA

**USO DA AUTOMAÇÃO PARA ESTIMAÇÃO DE CONSUMO
ALIMENTAR, PESO VIVO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM
BOVINOS DE CORTE**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia junto à Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

Área de concentração:

Produção Animal

Orientador:

Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco – Embrapa Cerrados (CPAC)/UFG

Comitê de Orientação:

Dr. Eduardo da Costa Eifert – Embrapa Cerrados (CPAC)

Dr. Marcos Fernando de Oliveira e Costa – Embrapa Arroz e Feijão (CNPAPF)

GOIÂNIA

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santana Crozara, Adriano

Uso da Automação Para Estimação de Consumo Alimentar, Peso Vivo e Eficiência Alimentar em Bovinos de Corte [manuscrito] / Adriano Santana Crozara. - 2018.

L, 50 f.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco; co-orientador Dr. Eduardo Costa Eifert; co-orientador Dr. Marcos Fernando Oliveira e Costa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2018.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, lista de figuras, lista de tabelas.

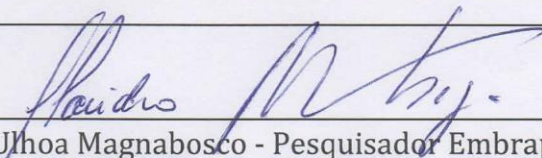
1. balança automatizada. 2. consumo alimentar residual. 3. guzerá. 4. nelore. I. Ulhôa Magnabosco, Cláudio, orient. II. Título.

CDU 635

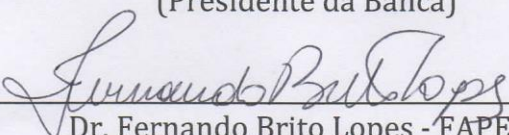
1 ATA NÚMERO 47 DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
2 MESTRADO DO (A) ALUNO **Adriano Santana Crozara** do Programa de Pós-Graduação
3 em Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Aos
4 **27/02/2018**, a partir das **08h30min** na sala de Reuniões do Departamento de Zootecnia
5 da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital,
6 realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**Uso da automação para
7 obtenção de consumo alimentar e peso vivo e sua aplicação na eficiência
8 alimentar**", apresentado para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**, junto à área
9 de Concentração: Produção Animal. Os trabalhos foram instalados pelo (a) Presidente da
10 Comissão Julgadora, Orientador (a) **Prof. Dr. Cláudio de Ulhoa Magnabosco -
11 Pesquisador Embrapa Cerrados**, com a participação dos demais membros da Banca
12 Examinadora, **Dr. Fernando Brito Lopes - FAPESP** e **Dr. Luigui Francis Lima
13 Cavalcanti - Integrado®**. Iniciando os trabalhos, a Presidente concedeu a palavra ao (a)
14 candidato (a) **Adriano Santana Crozara**, para exposição em **QUARENTA MINUTOS** do
15 seu trabalho. A seguir, o senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos demais
16 membros da banca, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo
17 máximo de **VINTE MINUTOS**, assegurando-se ao mesmo, igual prazo para responder aos
18 Senhores Membros da Banca Examinadora. Ultimada a arguição, que se desenvolveu nos
19 termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento,
20 considerando o(a) candidato (a) aprovado (aprovado/reprovado) pelos seus
21 membros. Proclamados os resultados da Banca Examinadora, foram encerrados os
22 trabalhos e, para constar lavrou-se a presente ata que, após lida e achada conforme vai
23 assinada pelos membros da Banca Examinadora.

24 A Banca Examinadora aprovou a seguinte modificação no título da dissertação:


25 Uso da automação para estimativa de consumo
26 alimentar peso vivo e eficiência alimentar
27 em bovinos de corte
28 _____
29 _____



Prof. Dr. Cláudio de Ulhoa Magnabosco - Pesquisador Embrapa Cerrados
(Presidente da Banca)



Dr. Fernando Brito Lopes - FAPESP



Dr. Luigui Francis Lima Cavalcanti - Integrado®

A Deus, meu protetor e guia.

Ao meu pai, Antônio Carlos Crozara.

À minha mãe Jacimara A. B. Santana Crozara.

Ao meu irmão Victor Santana Crozara.

Aos meus colegas e pesquisadores de Embrapa, que sem eles nada disso teria acontecido, pela força e apoio,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, saúde e sabedoria para vencer mais uma etapa da minha vida.

Ao meu Orientador, Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco, pela orientação, amizade, dedicação e confiança. O meu sincero agradecimento!

Aos meus Co-orientadores Drs. Eduardo da Costa Eifert e Marcos Fernando Oliveira e Costa pelo apoio na realização do projeto, pela confiança, delegação de responsabilidade e todo o auxílio prestado. Obrigado!

Ao Dr. Fernando Brito Lopes, por todo apoio, disponibilidade e paciência.

Aos funcionários e alunos participantes do Centro de Desempenho animal, do Núcleo Regional da Embrapa Cerrados, Héllvio Abbadia, Eli Olímpio Abreu, Francisco Oliveira, Pedro Henrique Sanches, Luís Cândido Queiroz, Byanka Bueno, Mariana Mundim, Carlos Eduardo Queiroz, Rafael Carvalho e Renata Borges pela dedicação e contribuição para realização do projeto.

À Universidade Federal de Goiás, que me acolheu e proporcionou um ensino de qualidade, ensinou a ter espaço na sociedade, sendo justo e correto. Obrigado!

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, obrigada pelos conhecimentos repassados e por terem e estarem contribuindo com a minha formação. Obrigado.

Aos meus amigos e colegas de pós-graduação que diretamente ou indiretamente me ajudaram na minha formação e na construção de um belo grupo de amizades. Em especial a Larissa Paula Gomides, Emizael Menezes e Cannigia Lacerda.

Ao Dr. Fernando Brito Lopes pela dedicação, paciência, apoio prestado e ensinamentos repassados.

Aos amigos de trabalho que se tornaram pessoas muito importantes na minha vida, Ludmilla Costa Brunes, Nayanny Corrêa Guimarães e Caroliny Lins, que me ajudaram de todas as formas que estavam ao seu alcance para a conclusão desse trabalho, por compartilhar conhecimento e por todos os momentos juntos.

À minha família inteira que sempre esteve comigo, me apoiando, incentivando, me dando força, para continuar lutando, e vencendo todos os possíveis empecilhos, e acreditando em mim, aguentando minhas reclamações, meu sofrimento, minhas agonias, minha falta de paciência, em especial a minha mãe Jacimara A. B. Santana Crozara, por sempre me

mostrar o melhor caminho para minha formação e apoio em continuar os estudos. Ao meu pai, Antônio Carlos Crozara e meu irmão Victor Santana Crozara, pela força, carinho e apoio nessa nova etapa, e meus amados avós Maria Leles, Eurides Crozara e José Abadio Crozara pelas orações, dedicação, amor e afeto me proporcionado oferecido. Obrigado.

Agradeço a todas as pessoas que passaram na minha vida e que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desse trabalho e pelo crescimento pessoal e profissional.

Muito obrigado a todos!

“Confia no Deus eterno de todo o seu coração e não se apoie apenas na sua própria inteligência. Lembre-se de Deus em tudo o que fizer, e ele lhe mostrará o caminho certo”

Provérbio 3:5-6

“Ninguém pode voltar atrás e fazer um novo começo. Mas qualquer um pode recomeçar e fazer um novo fim”.

Chico Xavier

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte.....	18
2.2 Consumo alimentar residual (CAR)	19
2.3 Determinação de peso e sua importância em bovinos	21
2.4 Duração de testes e equipamentos para resultados de eficiência alimentar.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Número e origem dos animais	27
3.2 Local	27
3.3 Teste de eficiência alimentar e instalações	27
3.4 Dieta e manejo alimentar	28
3.5 Coleta de dados	29
3.6 Análises estatísticas	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS	44

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Regressão dos pesos dos animais obtidos por meio da balança automatizada (a cada quatro dias) e balança tradicional em função dos dias de mensuração.....35
- FIGURA 2 - Distribuição do CAR individual para cada animal utilizando a pesagem a cada 14 dias via balança tradicional e pesagem diária via balança automatizada.....36
- FIGURA 3 - Comportamento do consumo médio de matéria seca, em %PV, ao longo dos 70 dias de teste de eficiência alimentar, destacando maior instabilidade do CMS após os dias 14 e 28, momento o qual os animais passaram pelo jejum.....38
- FIGURA 4 - Regressão da mudança na variância fenotípica residual para ganho médio diário (GMD) ao longo dos dias de prova.....41
- FIGURA 5 - Regressão da mudança na variância fenotípica residual para consumo de matéria seca (CMS) ao longo dos dias de prova.....42
- FIGURA 6 - Regressão da mudança na variância fenotípica residual para conversão alimentar (CA) ao longo dos dias de prova.....42
- FIGURA 7 - Regressão da mudança na variância fenotípica residual para consumo alimentar residual (CAR) ao longo dos dias de prova.....43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Porcentagem dos ingredientes e composição nutricional das dietas.....	30
TABELA 2 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo para as características de PV0, PV70, GMS, CA e EA utilizando as balanças tradicional e automatizada.....	34
TABELA 3 - Estatística descritiva da inclinação das curvas de regressão dos pesos dos animais nas balanças tradicional e automatizada e significância da diferença entre elas.....	36
TABELA 4 - Estimativas de correlação entre pesos obtidos na balança automatizada (1 dia antes e 1 dia depois da pesagem em jejum) vs. pesos obtido na balança tradicional.....	37
TABELA 5 - Diferença relativa da variância e estimativas de correlação de Pearson e Spearman para consumo alimentar residual, consumo de matéria seca, ganho em peso médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar nos dias de testes.....	40

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

β_0	Coeficiente de regressão de equação
β_1	Coeficiente de regressão do PVM
β_2	Coeficiente de regressão de GMD
β_2	Coeficiente de regressão de EG
AOL	Área de olho de lombo
BIF	<i>Beef Improvement Federation</i>
CPAC	Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado
CNPAF	Centro de Pesquisa Arroz e Feijão
CAR	Consumo alimentar residual
CMS _{obs}	Consumo de matéria seca observado
CMS _{pred}	Consumo de matéria seca predito
CA	Conversão alimentar
DET	Dias em Teste
DF	Distrito Federal
DCU	Dias de consumo utilizáveis
EA	Eficiência alimentar bruta
EG	Espessura de gordura subcutânea
EGP8	Espessura de gordura subcutânea do lombo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GMD	Ganho em peso médio diário
GLM	Generalized Linear Model
GMDBA	Ganho em peso médio diário balança automatizada
GMDT	Ganho em peso médio diário balança tradicional
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
PA	Peso na balança automatizada
PT	Peso na balança tradicional
PV0	Peso vivo inicial
PV70	Peso vivo final
PVM	Peso vivo médio metabólico
UFG	Universidade Federal de Goiás
SAS	Statistical Analysis System
TDTJ	Teste de Desempenho de Touros Jovens
e	Vetor de resíduos

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo verificar a correlação do consumo alimentar residual e variáveis de ganho e peso corporal obtidos por métodos de pesagem tradicional, a cada 14 dias e animais em jejum, e pesagem diária via balança automatizada, em testes de eficiência alimentar, também verificar a viabilidade de redução do tempo de duração do teste utilizando o sistema automatizado, identificando a quantidade de dias mínimos e adequados para mensuração acurada do consumo alimentar residual, ganho em peso, consumo de matéria seca e conversão alimentar. Foram utilizados 28 bovinos da raça Nelore e 16 da raça Guzará, não castrados, com idade entre 18 e 21 meses. A prova teve duração de 70 dias, com uma pesagem inicial, quatro intermediárias e final. Os animais também foram pesados diariamente por meio de balanças eletrônicas acopladas aos bebedouros. As variáveis mensuradas para gerar as informações de eficiência alimentar (CA, EA e CAR) foram: consumo de matéria seca (CMS; kg/dia); ganho médio diário (GMD, kg/dia); peso vivo (PV; kg); espessura de gordura subcutânea (EG, mm) e, posteriormente, consumo alimentar residual (CAR; kg/dia). Efeitos de raça passaram por análise de variância de medidas repetidas, para a verificação da necessidade de analisá-la separadamente. Foi feito teste de médias para as características de peso inicial e final, GMD, CA e EA para as duas balanças. Para CAR, oriundo via informações da pesagem da balança tradicional e automatizada, foi feita a correlação entre eles, verificando sua magnitude. Foi verificada significância das inclinações das curvas de regressões de peso provindas das duas balanças. Foram feitas as correlações entre os pesos oriundos a partir da balança tradicional e automatizada, levadas em consideração as seis pesagens via balança tradicional no decorrer do teste de eficiência e as pesagens automatizadas inviabilizando os dias de possível interferência no peso devido ao jejum (um dia anterior e outro posterior ao jejum). Para verificação da possível redução de tempo para testes de eficiência alimentar, utilizando o sistema de pesagem automatizado, as variáveis de CAR, PV, GMD e CMS foram agrupadas obtendo valor médio a cada quatro dias. Estes dados sendo representativo para os dias 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62 e 66 e 70. Assim, a partir das informações sequenciais das quatro características foram gerados os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman em relação a informação final (70º dia) para as mesmas características e suas variações. O momento cuja a correlação foi significativa a 0,1% e diferença entre variâncias abaixo de 1% para cada característica considerou-se como adequado para o momento de conclusão para respectiva característica em teste de eficiência alimentar. Não foram encontradas diferenças entre médias das duas balanças para pesos

inicial e final, CA e EA, apenas para GMD. As correlações de Pearson e Spearman do CAR entre os valores oriundos da pesagem via balança tradicional e automatizada foram, respectivamente, 0,75 e 0,76. As inclinações das retas para pesos entre as duas balanças foram estatisticamente semelhantes. Para redução do tempo de teste, levando em considerações a redução das variâncias e os coeficientes de correlação, recomenda-se que para as características de GMD e CA é possível uma redução para 58 dias, para CMS 38 dias e para CAR 34 dias. A utilização das balanças automatizadas pode servir como opção para informação do CAR em testes de eficiência alimentar. Ao conduzi-los utilizando estas é possível reduzir o período de teste de acordo com a característica desejada, ganho médio e conversão alimentar 58 dias, para consumo 38 dias e para consumo alimentar residual 34 dias, obtendo resultados confiáveis.

Palavras-Chave: balança automatizada, consumo alimentar residual, guzerá, nelore

ABSTRACT

The objective of this study was to verify the correlation of residual feed intake and gain and body weight variables obtained by traditional weighing methods, every 14 days and fasting animals, and daily weighing using an automated scale, in food efficiency tests, also verify the feasibility of reducing the duration of the test using the automated system, identifying the amount of minimum and adequate days for accurate measurement of residual feed intake, weight gain, dry matter intake and ratio conversion. A total of 28 Nelore and 16 Guzera cattle were used, not castrated and aged between 18 and 21 months. The test had a duration of 70 days, with an initial weighing, four intermediate and final weighing. The animals were also weighed daily by means of electronic scales coupled to drinking fountains. The variables measured to generate the food efficiency information (RC, FE and RFI) were: dry matter intake (DMI, kg/day); average daily gain (ADG, kg / day); live weight (LW, kg); subcutaneous fat thickness (mm) and, later, residual feed intake (RFI, kg/day). Cattle effects went through analysis of variance of repeated measures, to verify the need to analyze it separately. Averages test was performed for initial and final weight characteristics, ADG, RC and FE for the two scales. For RFI, originating from traditional and automated weighing information, was made a correlation between them, to verifying their magnitude. Significance of the slopes of the weight regression curves from the two scales was verified. Correlations were made between the weights from the traditional and automated scale, considering the six weighings by the traditional balance during the efficiency test and automated weighing disregarding the days of possible interference in weight due to fasting (one day before and one after the fast). To verify the possible reduction of time for food efficiency tests, using the automated weighing system, the variables of RFI, BW, ADG and DMI were grouped, obtaining an average value every four days. These data are representative for days 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62 and 66 and 70. Thus, from the sequential information of the four characteristics, the Pearson and Spearman correlation coefficients were generated in relation to the final information (70th day) for the same characteristics and their variations. The moment when the correlation was significant at 0.1% and difference between variances below 1% for each characteristic was considered as adequate for the conclusion time for respective characteristic in food efficiency test. No differences were found between means of the two scales for initial and final weights, RC and FE, only for ADG. The Pearson and Spearman correlations of the RFI between the values obtained by weighing using the traditional and automated scale were, respectively, 0.75 and 0.76. The slopes of the lines for weights between the two scales were statistically similar. To reduce the test time, considering the reduction of the variances and the correlation coefficients, it is recommended that for the characteristics of ADG and RC it is possible to reduce to 58 days, for DMI 38 days and for RFI 34 days. The use of automated scale can serve as an option for RFI information in food efficiency tests. By conducting them using these it is possible to reduce the test period according to the desired characteristic, average gain and ratio conversion 58 days, for dry matter intake 38 days and for residual feed intake 34 days, obtaining reliable results.

Keywords: automated balance, guzera, nelore and residual feed intake.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais fornecedores de carne bovina do mundo, contabilizando aproximadamente 215 milhões de animais, atingindo o segundo maior rebanho global e abatendo cerca de 43,3 milhões de cabeças por ano¹. No entanto, o sistema de produção brasileiro ainda se encontra muito abaixo do seu potencial produtivo, além da baixa rentabilidade, patamar atribuído à baixa eficiência do sistema como um todo. Predominantemente, o sistema de criação extensiva a pasto é o mais praticado pelos brasileiros, porém, o mercado tem forçado a implantação de sistemas de produção com menor ciclo de duração e com maior lucratividade e giro de capital².

Dentro do sistema de produção de bovinos, a alimentação destaca-se como a principal variável, podendo representar até 87% dos custos de produção³. Para redução deste custo, além de buscar ingredientes com preços mais acessíveis, é desejável haver no rebanho animais que sejam eficientes no aproveitamento do alimento⁴.

Os estudos envolvendo eficiência alimentar buscam identificar formas para que os nutrientes ingeridos pelos animais sejam mais bem aproveitados, assim, haverá menor demanda das áreas de produção, elevando a rentabilidade do pecuarista⁵. Esta ocorrência reflete em sustentabilidade, utilizando os recursos naturais de maneira eficiente e concomitantemente sendo produtivo.

Para identificação de animais eficientes, Koch et al.⁶ propuseram a mensuração desta característica a partir do consumo alimentar residual (CAR), definido como a diferença entre o consumo de matéria seca observado e o consumo predito por meio de regressão, em função do peso vivo médio metabólico e ganho em peso. O CAR permite a identificação de animais com menor consumo de matéria seca e não altera o ganho em peso e o tamanho corporal⁷.

Para caracterizar e identificar o consumo alimentar residual são conduzidos os testes de eficiência alimentar, os quais são flexíveis quanto a duração, períodos de jejum e número de pesagens⁸. São propostos 21 dias para adaptação e 70 dias para teste, pesagens quinzenais ou semanais sem jejum⁹⁻¹², pesagens a cada 28 dias optando pelo jejum de sólidos por 16 horas^{13,14}, pesagens a cada 21 dias optando pelo jejum de sólidos e líquido somente antes das pesagens inicial e final¹⁵ e pesagens a cada 14 dias sem jejum¹⁶ e com jejum de sólidos e líquido por 16 horas¹⁷.

A opção pelo jejum antes das pesagens é vantajoso por reduzir as interferências do conteúdo do trato gastrointestinal, mas isto pode interferir no consumo

dos animais, pois, após o jejum os animais tendem a instabilidade de consumo, podendo levar dias para que este volte a normalizar⁸.

Os sistemas de pesagens automatizadas permitem a captação do peso médio dos animais diariamente, havendo constante conhecimento desta característica no decorrer do teste. Em adição, durante a realização das pesagens ocorrem situações que podem influenciar no peso do animal, como: consumo exagerado de água ou defecação dos animais momentos antes de ser pesado, estresse ou possível defeito da balança, o que pode implicar a determinações de pesos vivos não coerentes e ganhos não representativos do período. Utilizando a balança automatizada, devido ao maior número de pesagens do animal, há uma tendência a reduzir estas possíveis diferenças na informação do peso do animal.

Nesse âmbito, objetivou-se com o presente estudo verificar a correlação do consumo alimentar residual e variáveis de ganho e peso corporal obtidos por métodos de pesagem tradicional, a cada 14 dias e animais em jejum, e pesagem diária via balança automatizada, em testes de eficiência alimentar. Além disso, objetivou-se também verificar a viabilidade de redução do tempo de duração do teste de eficiência alimentar utilizando o sistema automatizado, identificando a quantidade de dias mínimos e adequados para mensuração acurada do consumo alimentar residual, ganho em peso, consumo de matéria seca e conversão alimentar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte

A alimentação representa um dos maiores custos na produção animal, inclusive na bovinocultura de corte¹⁸. A busca e seleção por animais mais eficientes na avicultura e suinocultura vem sendo realizadas há muitos anos, sendo uma das ferramentas que permitiram um expressivo avanço produtivo nestas culturas. Além da utilização da seleção genética, as condições ambientais e a nutrição aplicadas no intuito de melhorar o desempenho, favoreceram as melhorias nos índices de eficiência alimentar¹⁹.

Na bovinocultura, a adoção de sistemas de alimentação em confinamento permitiu verticalizar e intensificar a produção de carne, mas fez também com que aumentasse a preocupação com problemas ambientais. Isso levou a busca por alternativas que maximizem a produção de carne e simultaneamente apresentasse sustentabilidade econômica e ambiental da atividade. A seleção de animais mais eficientes quanto ao aproveitamento do alimento fornecido tem se mostrado uma ferramenta eficaz para atingir esse objetivo^{20,21}.

Os usuais programas de melhoramento genético animal voltados para seleção de bovinos de corte não utilizam a característica eficiência alimentar como critério de seleção, isto é atribuído a dificuldade de obtenção destes dados, principalmente pelo alto custo de implantação de sistemas de mensuração do consumo alimentar individual⁹. Com isso, os programas de melhoramento tendem a utilizar características como peso e ganho médio diário como critério de seleção indireto para eficiência alimentar, o que não tem apresentado a mesma eficácia que se fosse realizado seleção direta. Em adição, na busca por melhoraria da eficiência alimentar, é preciso dedicar atenção para que na seleção não seja provocado queda em outras características como: precocidade sexual, fertilidade, habilidade materna ou qualidade da carne²², ou seja, deve ser levado em consideração as correlações entre as características que são objetivo de seleção do rebanho.

Apesar da difícil e onerosa mensuração, tem sido observado grande variabilidade genética para eficiência alimentar e também herdabilidade moderada,

possibilitando a identificação de animais superiores para essa característica e a transmissão para a progênie e incorporação no rebanho^{23,24}.

Para avaliação da eficiência alimentar em bovinos de corte pode-se utilizar características como: conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar bruta (EA). Estas medidas são originadas da combinação não linear entre consumo de ração e ganho em peso, que são variáveis aleatórias contínuas, correlacionadas e que seguem a distribuição normal de probabilidade^{25,26}. Tratando-se de CA, esta é a medida mais comumente utilizada para expressar eficiência alimentar, sendo utilizada desde a década de 60 nas culturas de aves e suínos. Essa característica é calculada pela razão entre o consumo de matéria seca e o ganho médio diário, sendo desejados os menores valores²⁴. A EA, por sua vez, é calculada utilizando as mesmas unidades da CA, porém de forma inversa, pela razão entre ganho médio diário e o consumo de matéria seca²⁴, sendo desejados os maiores valores.

A seleção para CA e EA possuem algumas implicações negativas a longo prazo, principalmente por estarem associadas com o ganho em peso e peso à idade adulta, levando a possível obtenção de animais com maior exigência de manutenção. Este fato limita a adoção destas medidas como critério de seleção, pois corre o risco de selecionar animais cada vez mais pesados e que resultem em maiores custos de produção²⁷. Para contornar esse problema, outras medidas de eficiência alimentar têm sido sugeridas, entre elas o consumo alimentar residual (CAR), proposta por Koch et al.⁶.

2.2 Consumo alimentar residual (CAR)

O consumo alimentar residual é um indicador de eficiência alimentar, obtido através da diferença entre o consumo de matéria seca observado (CMS_{obs}) e consumo de matéria seca predito (CMS_{pred}), sendo o último calculado por equação de regressão do CMS_{obs} , em função do peso vivo metabólico (PVM) e ganho em peso diário dos animais⁶.

A regressão de consumo de matéria seca observado individualmente de cada animal com seus respectivos PVM e ganho em peso diário dá origem aos coeficientes médios do grupo (β_0 , β_1 e β_2) e o vetor de resíduos (e). A equação comumente utilizada para estimativa do CAR foi proposta por Koch et al.⁶:

$$\text{CMS} = \beta_0 + \beta_1 \times (\text{PVM}) + \beta_2 \times (\text{GMD}) + e$$

Em que:

CMS é o consumo de matéria seca individual;

β_0 é o intercepto;

β_1 é o coeficiente de regressão parcial do CMS diária no GPD;

β_2 é o coeficiente de regressão parcial do CMS no PVM (peso metabólico = $\text{PV}^{0,75}$);

e é o vetor de resíduos $\sim N(0, \sigma^2 e)$;

PVM é o peso vivo metabólico; e

GMD é o ganho médio diário.

O consumo predito pela equação indica a quantidade de alimento que seria necessária para manter uma unidade de peso vivo metabólico e para produzir uma unidade de produto. O CAR é o resíduo (e) obtido na regressão, ou seja, é a diferença entre o consumo real de alimentos e o predito pela equação. Assim, os animais eficientes são aqueles que apresentam CAR negativo, onde o CMS_{obs} é menor que o CMS_{pred} , e os ineficientes os de CAR positivo, onde o CMS_{obs} é maior que o CMS_{pred} e, assim, consomem mais alimento para o mesmo ganho em peso proposto²⁸. Desta forma, o valor do CAR permite a seleção de animais com menor ingestão de matéria seca, não havendo relação com medidas de crescimento, como peso vivo e ganho em peso²⁹, e permite a identificação de animais mais eficientes quanto à utilização de alimentos³⁰.

Para avaliar as relações entre CAR e características de consumo alimentar e crescimento, Lancaster et al.¹⁶, trabalhando com novilhos Angus, encontraram correlações significativas entre CAR e consumo de matéria seca e CAR e CA, de 0,60 e 0,49, respectivamente. Ainda neste trabalho, como esperado, os autores não observaram correlações significativas entre CAR, peso vivo e ganho em peso, já que são parâmetros os quais são utilizados apenas para estimar o consumo^{31,32}. Em pesquisa com animais cruzados taurinos, Basarab et al.²⁰ avaliaram relações do CAR com consumo e observaram que animais menos ineficientes consumiram quase 12% a mais do que os eficientes.

Avaliando animais da raça Nelore, Sobrinho et al.³² observaram correlações significativas entre CAR e consumo de matéria seca (0,16) e entre CAR e CA (0,25). O mesmo trabalho constatou que a CA dos animais menos eficientes foi aproximadamente 8% superior em comparação com os eficientes.

Em relação aos parâmetros genéticos para eficiência alimentar, o valor de herdabilidade para CAR encontrado por Herd e Bishop³³ foi de 0,16, trabalhando com animais da raça Hereford, e afirmaram que o CAR foi fenotipicamente independente do tamanho da vaca adulta e da taxa de crescimento. Valores superiores aos obtidos por Herd e Bishop³³, foram apresentados por Lanna e Almeida³⁴, pesquisa na qual a herdabilidade para CAR foi de 0,30 a 0,35. Em contrapartida, Morais³⁵, avaliando animais Nelore observou valor inferior de herdabilidade para CAR (0,10).

Existem algumas limitações principais para a adoção do CAR, como o alto custo para determinação desta medida, o incipiente conhecimento a respeito da seleção para CAR em animais Zebuínos, visto que a maioria dos estudos são realizados com raças taurinas, e a necessidade de se confirmar a efetividade desta avaliação em animais criados a pasto^{34,36}.

Para obter valores de CAR com maior confiabilidade é recomendado incluir avaliações de espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo, pois a composição corporal pode influenciar o valor do CAR. Richardson et al.³⁷ observaram um valor de 5% na variação do CAR em animais taurinos ocasionada por alteração na composição corporal. Em zebuínos, também foi observada diferença no teor de gordura na carcaça^{15,38}. Ainda assim, de acordo com Gomes¹⁵, animais com menor CAR apresentam menor teor de gordura na carcaça, sem alterar a maciez da carne. Em adição, a utilização destas características para o cálculo do CAR não afeta a classificação dos animais quanto a eficiência alimentar, mas ainda assim é importante a sua inclusão por reduzir o potencial impacto negativo da seleção para CAR sobre a qualidade da carcaça¹⁶.

2.3 Determinação de peso e sua importância em bovinos

A determinação do peso corporal animal pode servir como ferramenta para avaliação de alguns aspectos no desenvolvimento dos animais, tais como: crescimento, estado nutricional, momentos adequados para ministrar medicamentos e parasiticidas, preparação para abate, valor pago pelo produto, entre outros^{39,40}. Em algumas ocasiões é interessante adotar métodos mais rápidos e indiretos que possa estimar o peso corporal.

A curva de crescimento para a maioria das espécies de animais domésticos é sigmoideal, com crescimento acelerado nas idades mais jovens e redução à medida que o animal amadurece, representando o desenvolvimento do animal em todas as fases de sua

vida⁴¹. Modelos de regressão não lineares tem se mostrado os mais adequados para descrever essas curvas, pois apresentam parâmetros que podem ser interpretados biologicamente³⁹. Estes parâmetros descrevem medidas como peso à maturidade, que representa o peso à idade adulta, a velocidade de crescimento e a provável estabilização de peso, onde não há mais considerável crescimento muscular, e o animal passa a depositar gordura na carcaça⁴².

Na literatura são propostos diferentes modelos não lineares para descrever a curva de crescimento animal, cada um apresentando suas vantagens sob os pontos de vistas biológicos e estatísticos. Há também os modelos segmentados, onde, em algumas situações, é necessário utilizar uma função dada por diferentes formulas no intuito de captar alterações significativas ao longo do crescimento⁴².

As funções de regressão não lineares têm o objetivo de descrever variáveis físicas e sistemas biológicos⁴³. O crescimento dos animais possui forte relação com a produção e a qualidade da carne, enfatizando a importância pelo conhecimento do processo de ganho em massa corpórea animal. Este pode ser influenciado pela alimentação, condições climáticas, estado sanitário e particularidades genéticas associadas aos animais.

Silva et al.⁴⁴ afirmam que uma maneira eficiente para se analisar o crescimento do animal é através do estudo de suas curvas de crescimento, as quais descrevem uma relação funcional entre o peso e a idade, como, por exemplo, Brody, Richards e Von Bertalanffy. Existem modelos que auxiliam na descrição das curvas de crescimento dos animais, no entanto o mercado de bovinos de corte está cada vez mais competitivo, exigindo mais refinamento para que haja modelos mais precisos e práticas que possibilitem um aperfeiçoamento na caracterização do crescimento dos animais⁴⁵.

Através da curva de crescimento de alguns componentes da carcaça como músculos, ossos e gordura, é possível observar que os tecidos musculares e ósseos possuem velocidades de crescimento proporcionalmente menores após a puberdade, enquanto que os tecidos adiposos apresentam comportamento contrário (teor de gordura da carcaça aumenta com a idade do animal)⁴⁵. O tecido adiposo sofre grande influência do sexo, nutrição e grupo genético do animal. Animais que atingem peso superior na maturidade, fase cujo o crescimento muscular atinge ponto máximo, apresentam rápido acúmulo de gordura, passando a ter um ganho em peso composto principalmente por gordura⁴⁶.

2.4 Duração de testes e equipamentos para resultados de eficiência alimentar

A mensuração do consumo individual não é uma medida de fácil obtenção, pois a coleta desta informação manualmente não é possível se os animais estiverem em sistema de baias coletivas, pois faz-se necessário pesar a quantidade do alimento fornecido e as sobras de cocho para se obter os registros de consumo, portanto seria necessário a alimentação dos animais em baias individuais. Mesmo com a utilização de sistemas com equipamentos especializados como Calan Gates ou Pinpointers, não é possível refletir com precisão os padrões de comportamento e eficiência alimentar, pois cada animal tem seu próprio cocho. Este fato sugere a opção pela adoção de sistemas automatizados, tais como GrowSafe System® (GrowSafe Systems LTD., Airdrie, Alberta, Canadá) e Intergado® (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil) que, embora possuam alto custo de aquisição, registram automaticamente o consumo e comportamento alimentar dos animais a cada visita ao cocho, exigindo menor mão-de-obra e permite que um número muito maior de animais sejam avaliados por teste⁵. Em adição, registros de comportamento alimentar oriundos de sistemas de cochos eletrônicos têm apresentando maior utilidade no entendimento das relações entre características de eficiência alimentar e outras de interesse econômico⁴⁷.

Os cochos eletrônicos funcionam, basicamente, da seguinte forma: o animal, identificado com bóton eletrônico, se aproxima do leitor de radiofrequência instalado na entrada no cocho de alimentação, o leitor capta o sinal do bóton, transferindo a informação de qual animal está se alimentando e envia a informação para o banco de dados do sistema. Simultaneamente, células eletrônicas de carga que estão instaladas sob o cocho registram a quantidade de alimento que havia no cocho antes e após a saída do animal, assim, por diferença, calcula-se a quantidade consumida⁴⁸.

Os cochos eletrônicos Intergado® são equipamentos eletrônicos de monitoramento da ingestão de alimento, dotados de comedouro apoiado sobre células de carga, possibilitando o registro eletrônico do volume de alimento consumido, consumo diário, consumo a cada visita ao cocho, da duração das visitas ao cocho, das sobras no cocho, entre outras informações. Esse sistema foi desenvolvido para gerar dados de consumo e comportamento alimentar de forma acurada, para tal, os animais são identificados com brincos eletrônicos implantados nas orelhas e os cochos possuem uma antena que faz a detecção e identificação automática dos animais com o registro das informações de consumo, assim documenta padrões de alimentação individual⁴⁹. O

Intergado® tem sido utilizado em muitas instituições de pesquisa e em propriedades particulares, como Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdades Associadas de Uberaba, Embrapa Gado de Leite, Embrapa Cerrados, Fazenda da Grama, Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos, assim, é importante avaliar a acurácia e precisão dos dados por ele gerados.

Para avaliar o ganho em peso é necessária a pesagem dos animais em determinados períodos de tempo, para que, por diferença, obtenha-se o valor desta característica. Para mensuração do peso sem que haja manejo dos animais durante os testes e que seja possível aumentar a frequência de avaliações, também existem sistemas automatizados como opção. Ao longo dos anos, diversos métodos eletrônicos não invasivos têm sido avaliados para mensuração do peso vivo, possibilitando o aumento do número de registros, sem comprometer o manejo da propriedade e o desempenho dos animais, tais como balanças em corredores^{50,51}; Medidor de tensão independente em cada membro do animal na ordenha robótica⁵²; Pesagem corporal parcial – medidor de tensão em dois membros (GrowSafe Beef); Dimensão corporal a partir da análise de imagem⁵³⁻⁵⁵.

Foi desenvolvido por empresa brasileira um sistema eletrônico de pesagem de todo o animal, que consiste em plataformas de pesagem que os animais sobem nela sempre que acessam o bebedouro, ou seja, a cada vez que há visita ao bebedouro o peso corporal é registrado⁴⁹. A identificação dos animais e registro de informações é realizada do mesmo modo dos cochos eletrônicos, sendo os animais identificados por brincos eletrônicos, a leitura realizada por antena, e as informações enviadas para banco de dados central. Utilizando esse sistema, são registrados diariamente cerca de oito pesos de um mesmo animal, aumentando a confiabilidade dos registros de peso corporal e das medidas oriundas a partir dele, como ganho em peso. Durante o período que os animais estão sob a plataforma individual, por mais que eles se movam, o peso registrado é o de maior frequência. Assim, é possível eliminar o manejo e jejum para realização de pesagem tradicional, reduz-se o estresse dos animais e tem-se medidas com acurácia⁴⁹.

Embora exista um manual com orientações sobre a duração necessária de teste para medir a eficiência alimentar⁵⁶, há pouca informação disponível sobre a duração mínima de ensaio requerida para fornecer uma medida precisa do consumo de alimento e conversão alimentar de animais zebuínos, tornando-se necessárias mais pesquisas para maior consistências das informações. Além disso, quanto maior o tempo

de duração dos testes maior os custos com alimentação e manejo. Seria altamente benéfico ao setor para a realização de testes de menor duração com confiabilidade, reduzindo os custos de mensuração, sem comprometer a precisão dos dados.

O tempo mínimo necessário para estimar o consumo de forma acurada são de 35 dias de avaliação para animais taurinos⁵⁷ e, segundo Castilho et al.⁵⁸, 28 dias para animais da raça Nelore. Contudo, essas recomendações foram obtidas sem considerar a medidas de peso diariamente durante o teste. Para ganho em peso faz-se necessário um período de 70 a 84 dias, em função da maior variação desta característica no tempo, quando comparado ao consumo, isso porque o ganho em peso apresenta efeito devido ao número de amostragens do peso. O período de 70 dias de prova, após a fase de adaptação, foi utilizado por Archer et al.⁵⁷, onde foram avaliados 760 animais entre touros e novilhas. Esta duração, com pesagens a cada 14 dias e sem jejum, garantiu melhor acurácia dos resultados no estudo australiano. Tais recomendações são sugeridas pelo Beef Improvement Federation (BIF)⁵⁹ americano.

Wang et al.⁶⁰, avaliando o tempo ótimo de duração do teste para determinação do CAR, verificaram que o tempo pode ser reduzido para 63 dias sem redução significativa na acurácia de que o peso vivo dos animais seja mensurado semanalmente, o que, se utilizado sistemas de pesagens tradicionais, poderia acarretar em maior estresse dos animais, principalmente, se tratando de animais zebuínos.

A maior frequência das pesagens permite a obtenção de maior volume de dados em relação ao ganho em peso, permitindo reduzir o período de teste. Assim, com número relativamente pequeno de dias pode-se obter o mesmo volume de informações, se comparado a teste mais longos com maior período entre as pesagens^{18,61}. Em pesquisas nas quais as medidas de peso corporal foram tomadas diariamente foram indicados menores períodos de duração, tais como 42 a 56 dias indicados por Archer e Bergh⁶², avaliando raças de biotipo pequeno a grande; e 56 dias indicado por Kearney et al.⁶³. Desta forma, os relatos na literatura indicam que a ótima duração do teste para eficiência alimentar é, em grande parte, influenciada pela mensuração precisa do GMD. Assim, a melhoria na mensuração e precisão dos valores de GMD possibilitam a redução da duração do teste de eficiência alimentar^{18,64}. Portanto, para a redução da duração do teste seria necessário um condicionamento prévio dos animais a rotinas de manejo e pesagens ou o uso de sistemas eletrônicos e menos invasivos para a pesagem dos animais.

A duração do período de teste refere-se aos dias de consumo individual médio do animal, caracterizando os Dias de Consumo Utilizáveis (DCU), sendo o consumo expresso em matéria seca (kg de MS/d). Em algumas circunstâncias, devem ser descartados alguns dias de consumo, por não serem aptos para avaliação, por motivos como: retirada do animal da baia para tratamento de doenças, queda de energia prolongada que impeça o bom funcionamento de cochos eletrônicos ou umedecimento de sobras alimentares por chuva (quando não for possível de correção quanto ao teor de matéria seca)⁵⁶.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Número e origem dos animais

Para este trabalho foram utilizados 28 bovinos da raça Nelore e 16 da raça Guzerá, puros de origem, sendo todos machos, não castrados e com idade entre 18 e 21 meses. O peso médio da entrada dos animais da raça Nelore foi de 455 kg (DP = 29,7 kg) e dos animais da raça Guzerá de 464 kg (DP = 39,43). Os animais avaliados no teste de eficiência alimentar foram oriundos do teste de desempenho de touros jovens (TDTJ) a pasto, realizado na Embrapa Cerrados localizada em Planaltina (DF), entre os meses de junho de 2016 a maio de 2017. Estes touros foram oriundos de vários criatórios de bovinos da raça Nelore e Guzerá, dos estados de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins.

3.2 Local

O teste de eficiência alimentar foi realizado no Centro de Desempenho Animal, do Núcleo Regional Embrapa Cerrados, na Embrapa Arroz e Feijão – Fazenda Capivara, situada a 16°28'00'' de latitude Sul e 49°17'00'' de longitude Oeste, com altitude de 823 metros, localizada na cidade de Santo Antônio de Goiás, GO. O clima da região é classificado como tropical, temperatura média de 23,3°C e média anual de pluviosidade de 1428mm.

3.3 Teste de eficiência alimentar e instalações

Antes do início do teste e efetivação da coleta dos dados, os animais passaram por um período de adaptação às instalações, ao manejo e à dieta de 20 dias. A prova efetiva teve duração de 70 dias, com pesagem inicial, final e quatro intermediárias, a cada 14 dias, utilizando balança da Tru Test Brasil Tecnologia Agropecuária Ltda.®, onde os animais passaram por jejum de sólidos de 14 horas. Além disso, os animais foram pesados diariamente através da utilização de balanças automáticas acopladas aos bebedouros. O teste de eficiência alimentar teve início efetivo dia 28 de agosto de 2017 e encerrada dia 06 de novembro do mesmo ano.

Os animais ficaram alojados coletivamente em baias com espaços de 12 m² por animal, distribuídos em 16 cochos, havendo uma proporção de 2,75 animais por cocho. A orientação do fabricante, para estas condições, é de no máximo oito animais por cocho. A proporção de animal por 12m² condiz com recomendações de Branco⁶⁵, que sugere um espaço mínimo nove m²/cabeça e 50 centímetros de linha de cocho para animais adultos, sendo que estas medidas proporcionam conforto dentro do curral e diminui disputas entre os animais.

Além dos cochos para fornecimento da dieta, foram distribuídos outros quatro cochos com disponibilidade de água. Estes acoplados a uma plataforma que permite pesagem total e voluntária dos animais, confeccionada com peças de alumínio extrudado, garantindo resistência e durabilidade, mesmo em contato com fezes e urina. A recomendação é que cerca de 5 a 10% do lote consiga ingerir água ao mesmo tempo⁶⁶, atendendo então as recomendações mínimas.

O sistema automatizado de monitoramento da alimentação e peso dos animais é composto por cochos eletrônicos da marca Intergado®, nos quais apenas um animal se alimenta por vez, acoplado a uma balança eletrônica conectada permanentemente a um servidor, disponibilizando as informações em tempo real, de forma que todo insumo que entra ou saia do cocho é pesado e computado pelo sistema. Na lateral dos cochos também possui dispositivo que detecta a presença e realiza a identificação do animal através de um brinco inserido na orelha direita dos animais. Assim, o sistema registra qual animal estava se alimentando, em qual momento e cocho, além da quantidade de alimento que foi consumida. Todos os dados, tais como consumo e número de idas ao cocho foram computados, armazenados e disponibilizados para coleta de informações.

3.4 Dieta e manejo alimentar

No manejo alimentar, os animais receberam dieta ofertada duas vezes ao dia, contendo o concentrado e o volumoso, fornecidos através de um vagão forrageiro de fresa JF MIX 6000, às 8h30 e às 16h00. A alimentação foi fornecida *ad libitum* em forma de dieta total, composta por silagem de milho, gérmen de milho, quirera de milho degerminado, farelo de soja, ureia e núcleo mineral (Tabela 1). A relação volumoso:concentrado foi de 63:37, atendendo 68% de nutrientes digestíveis totais

(NDT) e 14% de PB, adaptado as orientações do BR-CORTE⁶⁷ para ganhos de 1,2 kg/dia.

Tabela 1. Porcentagem dos ingredientes e composição nutricional das dietas.

Ingredientes	%MS	% dos Ingredientes na dieta
Silagem de milho	42,7%	63,4%
Gérmen de milho	90%	21,0%
Quirera de milho	90%	5,2%
Farelo de soja	90%	8,6%
Ureia	100%	1,0%
Núcleo Mineral	100%	1,0%
Composição nutricional		
Proteína bruta (%MS)		14%
Nutrientes Digestíveis Totais (%MS)		68%

A quantidade de ração fornecida foi ajustada diariamente com base na sobra, garantindo sobras entre 5 a 10% do total fornecido, para não haver restrição de consumo. Diariamente os cochos passaram por higienização, com retirada e descarte das sobras. Quando identificado possível mau funcionamento dos equipamentos eletrônicos de mensuração do consumo individual ou pesagem os registros do dia foram descartados, mesmo após reparo nos defeitos.

O consumo dos animais, em matéria natural, foi disponibilizado diariamente via acesso remoto pelo sistema eletrônico da Intergado®. O percentual de matéria seca individual da silagem e da dieta total foi calculado a partir de amostras coletadas semanalmente, segundo as orientações de Zenebon et al.⁶⁸.

3.5 Coleta de dados

As variáveis utilizadas foram: consumo de matéria seca (CMS; kg/dia); ganho médio diário (GMD, kg/dia); peso vivo (PV, kg); espessura de gordura subcutânea da garupa (EG, mm); espessura de gordura subcutânea de lombo (EGP8, mm) e, posteriormente, consumo alimentar residual (CAR; kg/dia).

O GMD foi calculado como coeficiente angular da regressão linear do peso vivo nos dias experimentais, sugerido por Koch et al.⁶, tanto para a balança automatizada como para a balança tradicional.

A avaliação por ultrassonografia foi realizada ao final da prova, obtendo imagens do músculo *Longissimus dorsi* na região entre 12^a e 13^a costelas e sobre o músculo *Biceps femoris* (garupa). As imagens foram armazenadas em computador portátil, obtidas e analisadas por técnico da Aval – Serviços Tecnológicos, com certificado da UGC (Ultrasound Guidelines Council). As características mensuradas pela ultrassonografia foram EGG e EGL.

Para calcular o CAR, foi estimada a diferença entre o consumo de matéria seca predito (CMS_{pred}) durante o experimento e o consumo de matéria seca observado (CMS_{obs}) baseado no peso vivo e no ganho em peso do animal.

A caracterização do peso vivo do animal foi realizada por meio de seu peso vivo médio metabólico (PVM):

$$PVM = [(PVI + GMD \cdot DET) / 2]^{0,75}$$

Em que:

PV0 = peso vivo ao início do experimento (kg);

GMD = ganho em peso médio diário (kg/dia);

DET = dias em teste;

Os dados para o valor de CMS, envolvendo GMD, PVM e EG de cada indivíduo, foi obtido por meio de procedimento REG do *software* estatístico SAS⁶⁹ utilizado para análise de regressão linear múltipla, gerando a seguinte equação:

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \times (PVM) + \beta_2 \times (GMD) + \beta_3 \times (EG) + \varepsilon$$

Os termos β_0 , β_1 , β_2 e β_3 foram os coeficientes de regressão, e o ε o vetor de resíduos $\sim N(0, \sigma^2 e)$. Após mensurado o CMS_{pred} , o cálculo do CAR foi realizado respeitando a subtração abaixo:

$$CAR \text{ (kg/dia)} = CMS_{obs} - CMS_{pred}$$

3.6 Análises estatísticas

Efeitos como de raça passaram por análise de variância (teste tipo II) de medidas repetidas no tempo. Isto para a verificação da necessidade de analisa-las separadamente. Para esta foi realizado o teste Qui-quadrado ao nível de 5% de probabilidade, não houve diferença estatística ($P > 0,05$), passou-se então a admitir não existir efeito de raça para as medições derivadas do peso vivo, abordando as análises como um único grupo.

Para os resultados de CAR utilizando a balança tradicional e a balança automatizada, foram gerados dados utilizando distintamente as informações de peso obtidas através de cada uma delas. As mesmas informações das variáveis de CMS e EG foram utilizadas em ambas as análises. As médias dos pesos e os cálculos para GMD também foram realizadas separadamente, na intenção de verificar a distribuição de dados para cada uma das balanças.

Foi feito teste de médias para as características de peso inicial e final, ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar bruta, comparando as informações provenientes das balanças tradicional e automatizada. Para cada uma destas características foi realizado o teste F ao nível de 5% de probabilidade, verificando se houve diferença entre elas. Para a característica de consumo alimentar residual não foi possível a realização do teste de médias, pois as médias oriundas desta característica tem o valor zero, impossibilitando uma análise de variância.

Foram ajustadas regressões oriundas dos pesos das diferentes balanças. A partir da inclinação das retas referentes a cada uma delas foi verificada a significância de suas inclinações a 5% probabilidade.

Para o CAR oriundo das informações de pesagem a partir da balança tradicional e automatizada, foi feita a correlação entre elas. Pela mesma função⁷⁰ foi feita a correlação do CAR oriundo de cada balança com seu respectivo pesos médios e GMD.

Os valores de correlações entre os pesos oriundos a partir da balança tradicional e automatizada foram gerados por meio do programa computacional escrito em R⁷⁰. Foram levadas em consideração as seis pesagens via balança tradicional no decorrer do teste de eficiência e as pesagens automatizadas inviabilizando os dias de possível interferência no peso devido ao jejum, ou seja, um dia anterior e outro posterior ao jejum.

Para verificação da possível redução de tempo para testes de eficiência alimentar, utilizando o sistema de pesagem automatizado, as variáveis de CAR, PV, GMD e CMS foram agrupadas obtendo valor médio a cada quatro dias, visando preencher ausência de informações de peso ou interferência do jejum para as balanças automatizadas. Estes dados sendo representativo para os dias 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62 e 66 e 70.

Assim, a partir das informações sequenciais de CAR, GMD, CMS e CA para cada quatro dias agrupados foram gerados os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman em relação a informação final (70º dia) para as mesmas características e suas variações. O momento cuja a correlação foi significativa a 0,1% e diferença entre variâncias abaixo de 1% para cada característica considerou-se como adequado para o momento de conclusão para respectiva característica em teste de eficiência alimentar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de peso inicial e final, ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar bruta utilizando a balança tradicional e automatizada estão representadas na Tabela 2. A partir da análise de variância, não foram encontradas diferenças entre médias pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, para as características de peso, CA e EA. Para GMD, a opção por utilizar a balança automatizada originou uma informação de ganho superior a encontrada via balança tradicional, significativa pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

A diferença encontrada no GMD, calculado como coeficiente angular da regressão linear do peso vivo, pode ser devida ao número diferente de informação provenientes das diferentes balanças. Enquanto a pesagem via balança tradicional informa o peso a cada 14 dias, a automatizada pesa todos os dias, ou seja, seis observações contra 70 para uma mesma característica.

Tabela 2. Média, desvio padrão, máximo e mínimo para as características de PV0 (kg), PV70 (kg), GMD (kg/dia), CA e EA utilizando as balanças tradicional e automatizada.

Balança Tradicional					
	PV0	PV70	GMD	CA	EA
Média	456,8	556,1	1,422	8,40	0,123
Máx	562,0	668,0	1,996	11,90	0,176
Mín	364,0	464,0	0,869	5,70	0,093
DP	42,5	47,8	0,255	1,40	0,022
CV(%)	9,23%	8,60%	17,90%	17,40%	17,90%
Balança Automatizada					
Média	466,6	570,2	1,650*	7,12	0,143
Máx	539,6	642,3	2,233	10,70	0,181
Mín	377,9	458,8	1,161	5,50	0,093
DP	32,9	45,8	0,247	1,18	0,021
CV(%)	8,32%	8,03%	14,90%	16,52%	14,94%

PV0 = peso vivo inicial; PV70 = peso vivo final; GMD = ganho médio diário; CA: conversão alimentar; EA: eficiência alimentar bruta; DP = desvio padrão; CV(%) = coeficiente de variação; *utilizando-se a estatística tabelada F a 5% tem se que $F_{(2,86);5\%} = 3,1$, onde $F_{cal} > F_{tab}$, onde a hipótese H_0 é rejeitada, isto é, existe diferença entre os tratamentos.

Os pesos inicial e final da balança automatizada foram numericamente maiores que os apresentados na tradicional, além disso o GMD apresentou valores mínimos e máximos também maiores (Tabela 2). Para estas três características o valor de desvio

padrão foi menor na balança automatizada, o que sugere uma variabilidade maior da balança tradicional em relação aos valores de peso encontrados.

A regressão dos pesos dos animais obtidos por meio da balança automatizada e balança tradicional em função dos dias de mensuração está apresentada na Figura 1. Mesmo optando pelo jejum antes das pesagens tradicionais, as informações de pesos não foram influenciadas pela balança ou pelo número de dados utilizados por cada uma.

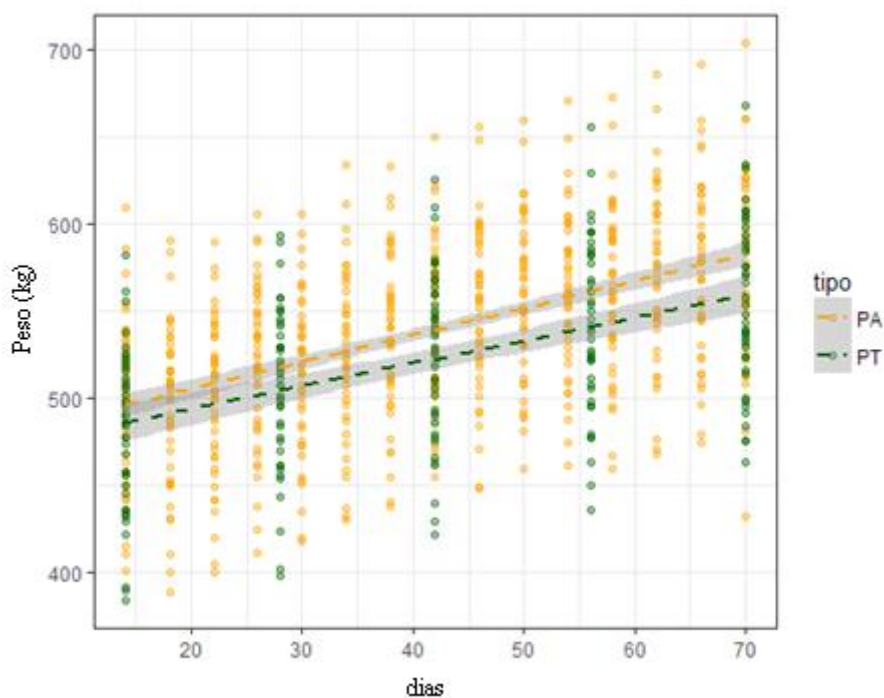


Figura 1. Regressão dos pesos (kg) dos animais obtidos por meio da balança automatizada (a cada quatro dias) e balança tradicional em função dos dias de mensuração

A Tabela 3 foi baseada na inclinação das retas referente as regressões oriundas das diferentes balanças para obtenção de peso. Os pesos provenientes das duas balanças não promoveram diferença na trajetória da curva ($P > 0,05$), indicando a possibilidade de optar pelos dois métodos. A distribuição dos pesos a cada 14 dias a partir da balança tradicional em relação a distribuição destes, coletados em mais dias, foi semelhante. As curvas tenderam-se a um crescimento semelhante uma da outra (Figura 1). Apesar dos valores não serem iguais, as respostas ao crescimento do peso dos animais ao longo do tempo foi similar, justificando o paralelismo entre elas.

Tabela 3. Estatística descritiva da inclinação das curvas de regressão dos pesos (kg) dos animais nas balanças tradicional e automatizada e significância da diferença entre elas

Balança	Estimativa	Erro-padrão	GL	IC (2.5%)	IC (97.5%)	Contraste	p-valor
Automatizada	1,548	0,105	876	1,342	1,753	0,241	0,204
Tradicional	1,306	0,158	876	0,995	1,617		

Quanto ao consumo alimentar residual, a correlação de Pearson e Spearman entre os valores oriundos da pesagem via balança tradicional e automatizada foram, respectivamente, 0,75 e 0,76 ($P < 0,05$), considerando as 44 observações para cada método de pesagem. A Figura 2 apresenta a distribuição do CAR individualmente para cada animal testado.

O resultado desta característica (CAR) refletiu na escolha das opções de balança deste estudo. Caso os animais não passassem pelo período de jejum ao serem pesados na balança tradicional este valor do coeficiente de correlação poderia ser mais representativo do que o presente, pois seriam pesados em condições semelhantes. Os resultados descritos na Tabela 2 refletem neste resultado de correlação do CAR.

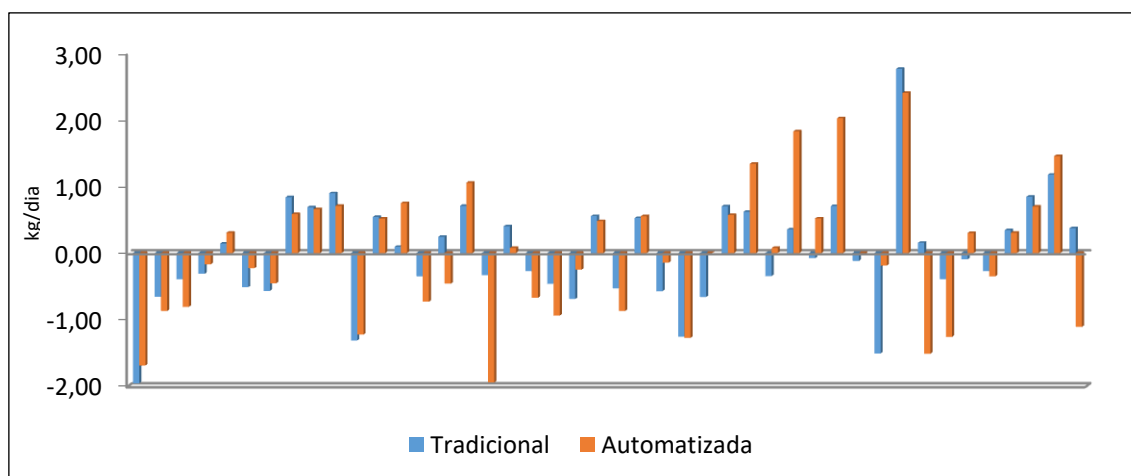


Figura 2. Distribuição do CAR (kg/d) individual para cada animal utilizando a pesagem a cada 14 dias via balança tradicional e pesagem diária via balança automatizada.

A correlação do CAR oriundo da balança automatizada com a característica de crescimento, como peso e ganho em peso apresentou valores muito pequenos, 0,00002 ($P > 0,05$) para ambas as variáveis, o que reforça a constatação de que o CAR independe de características de crescimento. Esta independência do CAR com estas características também foi relatada por outros autores^{30,32}. Lage³⁰, por exemplo, encontrou correlações do CAR com GMD, peso vivo inicial e peso vivo final respectivamente, 0, 0,002 e 0,01 ($P > 0,05$).

Na tabela 4 estão apresentadas as estimativas de correlação entre os pesos a cada 14 dias utilizando a balança tradicional e as pesagens um dia antes e um dia depois da pesagem em jejum obtidos pela balança automatizada. A menor correlação estimada entre o peso obtido pela balança tradicional e dias antes e após o jejum foi de 0,91 ($P < 0,001$).

Tabela 4. Estimativas de correlação entre pesos obtidos na balança automatizada (1 dia antes e 1 dia depois da pesagem em jejum) vs. pesos obtido na balança tradicional

	Balança Tradicional						
	1	14	28	42	56	70	
Balança Automatizada	0	0,96	0,97	0,95	0,95	0,93	0,91
	2	0,98	0,98	0,96	0,96	0,94	0,92
	12	0,97	0,99	0,97	0,97	0,95	0,95
	15	0,98	0,99	0,97	0,98	0,96	0,95
	26	0,95	0,97	0,98	0,97	0,94	0,94
	29	0,97	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95
	40	0,93	0,96	0,96	0,97	0,96	0,95
	43	0,95	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96
	52	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97
	55	0,94	0,96	0,96	0,98	0,99	0,98
	68	0,93	0,95	0,95	0,97	0,99	0,99
	71	0,92	0,94	0,94	0,96	0,98	0,98

Os coeficientes de correlação obtidos via balança automatizada no dia anterior e posterior a pesagem em jejum foram considerados muito fortes, significativos pelo teste t-student ($P < 0,001$). Este resultado permite considerar a pesagem automatizada como confiável para aquisição dos valores de peso vivo e GMD, variáveis que darão origem ao resultado do CAR.

Por utilizar a obtenção do peso a partir da média das pesagens diária, a balança automatizada tem a peculiaridade de pesar o animal em condições pré e pós consumo, durante o dia e noite, com ou sem passar por estresse, ou seja, nas diversas condições ao longo do dia, aproximando da condição real do animal, pois a qualquer momento o animal pode ter consumido ou excretado e em sequência ser pesado. No entanto, esta permite acompanhamento mais atenuado, devido ao maior número de informações obtidas ao longo do teste.

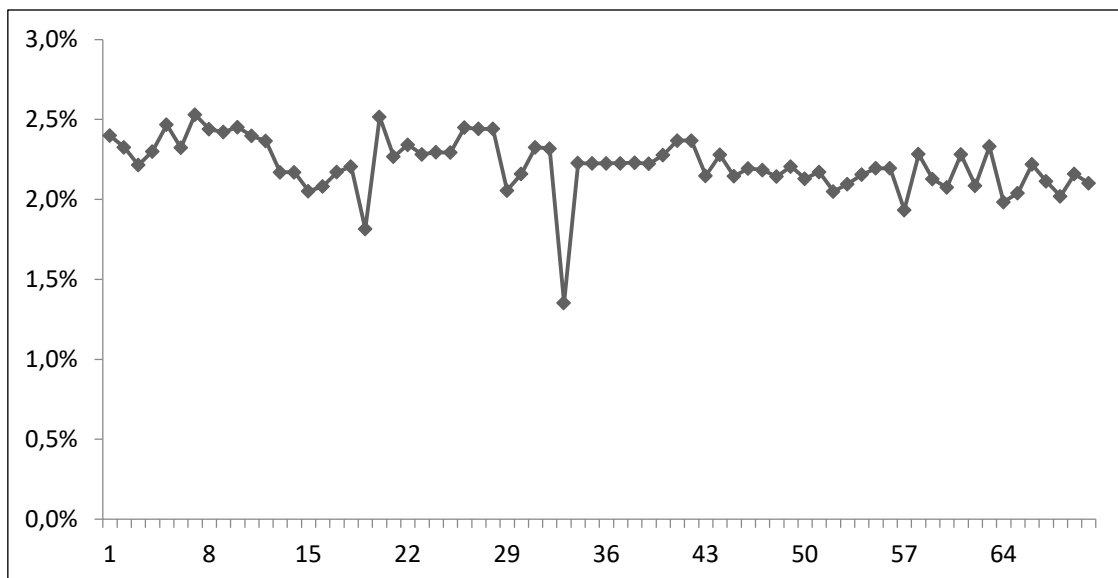


Figura 3. Comportamento do consumo médio de matéria seca, em %PV, ao longo dos 70 dias de teste de eficiência alimentar, destacando maior instabilidade do CMS após os dias 14 e 28, momento o qual os animais passaram pelo jejum.

A Figura 3 ilustra o comportamento do consumo médio de matéria seca dos animais, em % PV, no decorrer do teste de eficiência alimentar. De forma descritiva, é possível observar que nos dias seguintes às duas primeiras pesagens intermediárias, utilizando a balança tradicional, as quais precediam do jejum, os animais apresentaram um consumo mais instável. Em ambos os momentos, os animais tenderam a normalidade de consumo a partir do 7º dia. Nestes casos observa-se que o consumo pode ser influenciado ao optar pelo jejum em até uma semana.

Esta instabilidade no comportamento do consumo não foi tão evidenciada nas terceira e quarta pesagens intermediárias, provavelmente pelo fato dos animais estarem mais acostumados com este tipo de manejo.

A Tabela 5 apresenta as variâncias e estimativas de correlação de Pearson e Spearman referentes as características de CAR, GMD, CMS e CA a cada quatro dias em relação ao resultado final (70º dia). Destaca-se, para todas as características, uma variabilidade maior no início da avaliação, do dia 18 para o 22 e queda no 26º dia. Em seguida, cada uma passou por estabilização ou leves flutuações na variação ao longo do tempo.

Para característica de GMD, os resultados mostraram uma tendência de redução na variância durante o período de teste (Figura 4). Na tabela 5 observa-se que as variações apresentaram valores oscilantes até atingirem um momento de redução. Do dia 18 para o 22 houve aumento de 2,712%, tornando a cair 3% do 22 para o 26.

Sequencialmente, nos próximos quatro períodos avaliados (26 para 42), a variância saiu de 3,659% para 0,04%, tornando a subir 0,2% na data 46. Desta para a data 70 todos os valores permaneceram abaixo de 0,1%, ou seja, uma variância considerada baixa. Quanto ao coeficiente de correlação de Pearson e Spearman, 0,52 e 0,49, no dia 42, foram significativo ($P < 0,001$), o que caberia, por este valor, aceitar sua correspondência com o valor final, da data 70. Para valores confiáveis, ou seja, momento de estabilização de variâncias e correlações mais próximas do que seria a data final (dia 70), foi possível determinar que a duração ideal de teste para medir GMD foi de 58 dias, momento cuja característica tornou-se mais estável e os coeficientes de correlação foram acima de 0,90.

Tabela 5. Diferença relativa da variância e estimativas de correlação de Pearson e Spearman para consumo alimentar residual, consumo de matéria seca, ganho em peso médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar nos dias de testes em relação o dia final (dia 70)

Caract.	Estatística	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
CAR	VAR%		0.245	0.350	0.232	0.145	0.095	0.062	0.044	0.039	0.020	0.006	0.001	0.011	0.031	0.033
	Pearson	0.830	0.958	0.965	0.973	0.969	0.978	0.991	0.990	0.984	0.979	0.977	0.971	0.967	0.970	1.000
	Spearman	0.785	0.934	0.946	0.957	0.945	0.964	0.980	0.983	0.975	0.967	0.965	0.957	0.950	0.955	1.000
GMD	VAR%		3.949	6.661	3.659	1.405	1.048	0.323	0.040	0.240	0.123	0.071	0.034	0.005	0.011	0.006
	Pearson	0.319	0.086	0.125	0.100	0.141	0.328	0.463	0.526	0.698	0.812	0.867	0.916	0.979	0.996	1.000
	Spearman	0.339	0.093	0.147	0.095	0.102	0.284	0.394	0.497	0.651	0.805	0.846	0.908	0.974	0.992	1.000
CMS	VAR%		0.597	0.678	0.381	0.237	0.234	0.099	0.063	0.052	0.029	0.020	0.011	0.017	0.034	0.059
	Pearson	0.875	0.966	0.969	0.981	0.988	0.994	0.996	0.997	0.995	0.994	0.989	0.984	0.978	0.975	1.000
	Spearman	0.918	0.949	0.965	0.978	0.986	0.988	0.990	0.992	0.991	0.991	0.988	0.980	0.971	0.965	1.000
CA	VAR%		4.474	6.373	3.759	1.458	0.973	0.342	0.026	0.303	0.115	0.067	0.037	0.004	0.002	0.054
	Pearson	0.307	0.019	0.113	0.125	0.154	0.395	0.555	0.623	0.751	0.840	0.879	0.915	0.970	0.989	1.000
	Spearman	0.276	0.028	0.083	0.064	0.086	0.343	0.542	0.581	0.718	0.821	0.865	0.907	0.967	0.988	1.000

Para CMS, observou-se comportamento semelhante ao apresentado para GMD (Figura 5). Na tabela 5 pode-se observar, como apresentado para GMD, um aumento da variância do dia 18 para o dia 22 e um decréscimo a partir do dia 26. Respectivamente, apresentou acréscimo de 0,081% e em sequência caíram quase 0,3%. A partir de então saiu de uma variância de 0,381%, na data 26, até atingir valor de 0,11% na data 58, tornando a subir aos poucos, de 0,11% até 0,059% na data final (dia 70). Considerando os coeficientes de correlação desde a data 14, sempre apresentaram valores significativos ($P < 0,001$), no entanto, levando em consideração também a estabilização da variância, recomenda-se a duração de teste para esta característica de 38 dias, onde

os valores de variância passaram a ser todos abaixo de 0,1% e correlações acima de 0,99.

A estimativa de conversão alimentar (CA) é uma função de duas características, CMS e GMD (definido como CMS/GMD). Portanto, as mudanças e as variações são influenciadas pelas tendências das duas características que a compõe. O comportamento da variância para CA está apresentado na Figura 5. Esta característica tendeu a um comportamento semelhante ao GMD (Figura 4). Na Tabela 5 foi possível observar maior variação de CA nos cinco primeiros dias de avaliação (14 a 30), a partir 34º dia os percentuais de variância foram inferiores a 1% (0,973%, 0,342%, 0,026%, 0,303%, 0,115%, 0,067%, 0,037%, 0,004%, 0,002%, e 0,054%). Tornou-se praticamente plana após o 38º dia de teste, com flutuações suaves. Com base apenas na redução de variância, já seria possível recomendações para redução de teste em 54 dias para CA, momento o qual a variância tendeu a valores cada vez menores. Levando em consideração o valor de correlação da data seguinte, significativo ($P < 0,001$) e acima de 0,9, são recomendados 58 dias para resultados eficientes de CA em testes de eficiência alimentar utilizando o sistema automatizado.

Para característica de CAR, os resultados mostraram uma tendência de redução na variância durante o período de teste (Figura 7) muito semelhante ao apresentado pelo CMS (Figura 5). Exatamente como o GMD, observado na Tabela 5, não houve queda da variação do dia 18 para o 22 e do 58 ao 70, saindo de 0,24% para 0,35% e 0,001% para 0,033%. Do dia 26 ao dia 58 a variância caiu de 0,23% para 0,001%. Apesar da variância aumentar nas últimas três coletas, ela ainda apresentou valores baixos, inferiores a 0,05%. As correlações de Pearson e Spearman foram maiores que 0,9 ($P < 0,001$) desde o 18º dia, já validando a confiança desta informação semelhante a data final (dia 70). Assim, a recomendação para adquirir valores confiáveis de CAR, baseando-se no percentual de variância e nos coeficientes de correlação acima de 0,9 foram de 34 dias.

Os critérios utilizados para determinar a duração ideal do teste neste estudo foram: variância e correlações de Pearson e Spearman ao longo do tempo. Todas as abordagens foram complementares entre si.

O presente estudo indica uma possível redução dos 70 dias de teste de eficiência alimentar utilizando o sistema automatizado de pesagem para 58 dias para as características de GMD e CA, 38 dia para CA e 34 dias para CAR.

As durações de teste recomendadas para GMD na literatura foram de 70 dias⁵⁷ e 63 dias⁶⁰. Os motivos pelos quais alcançou maior redução para GMD podem ser devido as medições de peso vivo diariamente. Em outros estudos em que foram recomendadas durações de teste mais duradouros, foram realizadas pesagens quinzenais ou semanais. Com pesagens mais frequentes, é possível obter mais informações de ganho de peso do, reduzindo assim o período de teste e acompanhamento diário⁶⁰. A melhoria na precisão de medição do GMD, que reduz a necessidade de maiores períodos para informação confiável da característica, acarreta em menores períodos para determinação de CAR e CA^{57,64}. Portanto, um cronograma de frequentes pesagens, como foi utilizado no presente trabalho, é crítico para obter medidas de peso vivo precisas para reduzir a duração do teste para GMD e conseqüentemente medidas de eficiência⁶⁰.

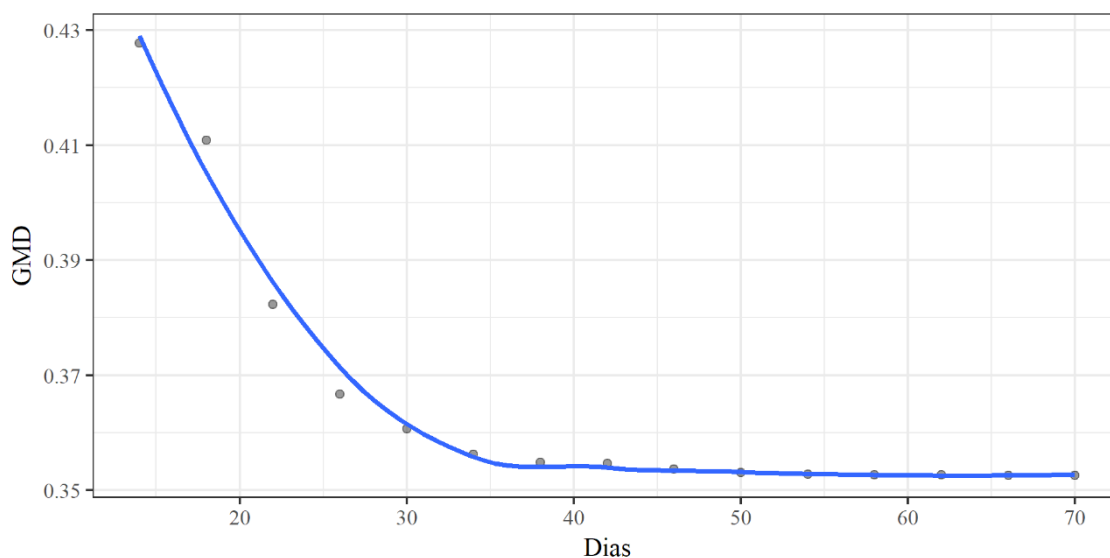


Figura 4. Regressão da mudança na variância fenotípica residual para o ganho em peso médio diário (GMD) ao longo dos dias de prova

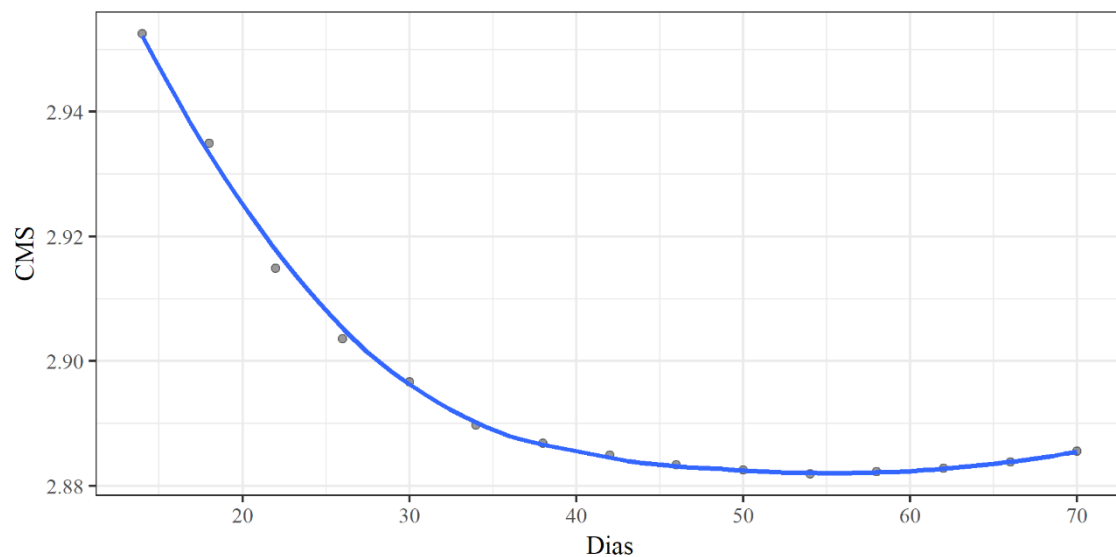


Figura 5. Regressão da mudança na variância fenotípica residual para o consumo de matéria seca (CMS) ao longo dos dias de prova

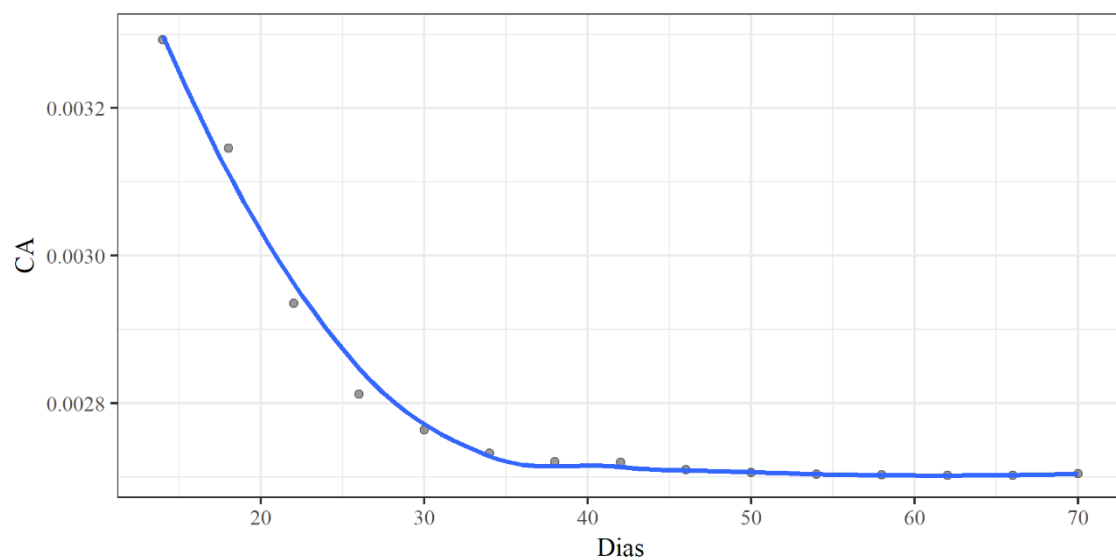


Figura 6. Regressão da mudança na variância fenotípica residual para a conversão alimentar (CA) ao longo dos dias de prova

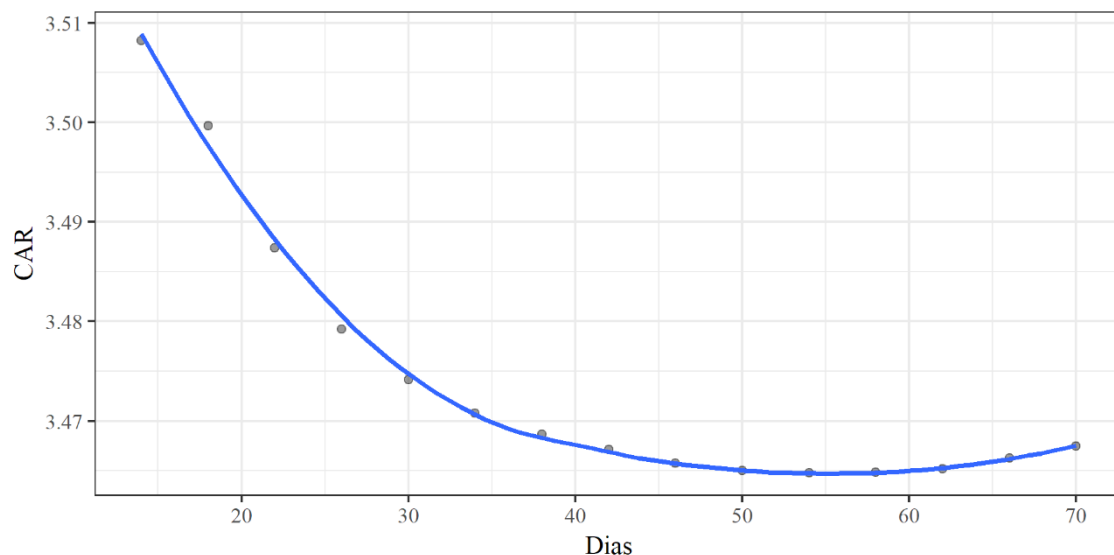


Figura 7. Regressão da mudança na variância fenotípica residual para o consumo alimentar residual (CAR) ao longo dos dias de prova

A partir deste estudo é possível reduzir a coleta de informações para CMS em 38 dias. Recomendação semelhante foi sugerida por Wang et al.⁶⁰, 35 dias, também com informações diárias de consumo. Quanto maior o número de informações para determinada característica, mais precisa ela é.

Para estas características de CAR e CA o estudo recomendou redução de teste para 38 e 58 dias, para CAR e CA, respectivamente, sob o sistema automatizado com pesagens diárias. O percentual de variância (Tabela 5) para estas características variaram menos de 0,061 a 0,052% para CAR e CA, respectivamente, após o mínimo de dias recomendados. Essa informação sugere que não há necessidade de manter touros jovens em testes além destes dias.

Os resultados da correlação de Pearson (Tabela 5) também são favoráveis a esta recomendação, pois ambas as correlações atingiram coeficientes acima de 0,90 ($P < 0,001$). Esses resultados são comparáveis aos achados por Wang et al.⁶⁰, porém menor do que foi recomendado pelos autores, sendo 63 dias para CAR e 42 dias para CA. Os motivos para durações de teste mais curtas para CAR e CA são semelhantes aos motivos discutidos para GMD e CMS.

Considerando a correlação e suas respectivas variações para cada característica é possível, utilizando o sistema automatizado com coletas diárias de peso e consumo, conduzir os testes de eficiência em 58 dias, sem a necessidade de jejum. Assim, obtém-se resultados confiáveis de medidas de eficiência como CAR e CA.

5. CONCLUSÕES

A utilização das balanças automatizadas, com pesagens diárias e sem optar pelo jejum, pode servir como opção para mensuração do consumo alimentar residual (CAR) em testes de eficiência alimentar em bovinos. O trabalho não exclui o uso das balanças tradicionais, mas valida a utilização de balanças automatizadas.

Ao conduzir testes de eficiência alimentar utilizando as balanças automatizadas, as quais pesam os animais diariamente, é possível reduzir o período de teste de acordo com a característica desejada, ganho médio e conversão alimentar 58 dias, para consumo 38 dias e para consumo alimentar residual 34 dias, obtendo resultados confiáveis.

6. REFERÊNCIAS

1. Brasil. Rebanho bovino brasileiro cresce e chega a 212,3 milhões de cabeças de gado. 2015.
2. Favero R. Eficiência alimentar em bovinos da raça Brahman e suas relações com características de interesse econômico e variáveis comportamentais. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2014.
3. Lopes LS, Ladeira MM, Machado Neto OR, Silveira ARMC, Campos RP. Viabilidade Econômica da terminação de novilhos Nelore e Red Norte em confinamento na região de Lavras. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011;25:774–81.
4. Lima NLLLM. Eficiência produtiva em cordeiros classificados pelo consumo alimentar residual (CAR). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2016.
5. Marzocchi MZ. Avaliação da duração do período de teste de eficiência alimentar para bovinos de corte. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia; 2017.
6. Koch R, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE. Efficiency of feed use in beef cattle. *J Anim Sci*. 1963;22:486–94.
7. Morais LCO de. Consumo alimentar residual (CAR) e outras medidas de eficiência alimentar em bovinos de corte. UFG: Goiânia; 2011. p. 19.
8. Del Claro A. Avaliação do consumo alimentar residual dentro e entre grupos contemporâneos. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia; 2011.
9. Arthur PF, Renand G, Krauss D. Genetic and phenotypic relationship among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livest Prod Sci*. 2001;68:131–9.
10. Nkrumah JD, Basarab JA, Price MA, Okine EK, Ammoura A, Hansen C, et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *J Anim Sci*. 2004;82(8):2451–9.
11. Nkrumah JD, Basarab JA, Wang Z, Li C, Price MA, Okine EK, et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. *J Anim Sci*. 2007;85(10):2711–20.
12. Barwick SA, Wolcott ML, Johnston DJ, Burrow HM, Sullivan MT. Genetics of steer daily and residual feed intake in two tropical beef genotypes, and relationships among intake, body composition, growth and other post-weaning

- measures. *Anim Prod Sci.* 2009;49:351–66.
13. Bulle FCPC, Paulino P V, Sanches AC, Sainz RD. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J Anim Sci.* 2006;85(4):928–36.
 14. Paulino PVR, Valadares Filho SC, Detmann E, Valadares RFD, Fonseca MA, Vêras RML, et al. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. *Rev Bras Zootec.* 2008;37:1079–87.
 15. Gomes RC. Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função do seu consumo alimentar residual. Universidade de São Paulo; 2009.
 16. Lancaster PA, Cartens GE, Ribeiro FRB, Tadeschi LO, Crews DH. Characterization of feed efficiency traits and relationship with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *J Anim Sci.* 2009;87:1528–39.
 17. Branco RH. Avaliação do consumo alimentar residual de fêmeas Nelore submetidas a seleção para peso pós-desmame. Lavras:SBZ: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 2008.
 18. Archer JA, Richardson EC, Herd RM, Arthur PF. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Aust J Agric Res.* 1999;50:147–61.
 19. Herd RM, Archer JA, PF A. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *J Anim Sci.* 2003;81:E9–17.
 20. Basarab JA, Price MA, Aalhus JL, Okine EK, Snelling WM, Lyle KL. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can J Anim Sci.* 2003;83:189–204.
 21. Nkrumah JD, Okine EK, Mathison GW, Schmid K, Li C, Basarab JA, et al. Relationships of feedlot, feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J Anim Sci.* 2006;84:145–53.
 22. Farjalla YB. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos nelore estratificados pela eficiência através do consumo alimentar residual. Universidade de São Paulo; 2009.
 23. Favero R, Favero R. Eficiência Alimentar em Bovinos da Raça Brahman.

- Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2014.
24. Gomes RC, Santana MHA, Ferraz JBS, Leme PR, Silva SL. Ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos de corte: metodologias de avaliação e instalações para viabilizar a colheita de dados na fase pós-desmama. Fundepec. Riberão Preto; 2011. 77 p.
 25. Guidoni AL. Alternativas para comparar tratamentos envolvendo o desempenho nutricional animal. USP. 1994. 105 p.
 26. Filho KE, Figueiredo GR, Euclides VPB, Filho LOC, Cusinato VQ. Eficiência bionutricional de animais da raça Nelore e seus mestiços com Caracu, Angus e Simental. Rev Bras Zootec. 2002;31:331–4.
 27. Lasmar A. Animais que produzem mais consumindo cada vez menos, esse é o sonho de todo pecuarista [Internet]. 2017 [cited 2017 Dec 12]. Available from: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/entrevistas/46069/animais-que-produzem-mais-consumindo-cada-vez-menos-esse-e-o-sonho-de-todo-pecuarista.htm>
 28. Nascimento ML. Eficiência alimentar e suas associações com lucro , características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore. 2011.
 29. Paula EFE, Monteiro ALG, Souza DF, Prado OR, Nomura TM, Stivari TSS, et al. Consumo alimentar residual e sua relação com medidas de desempenho e eficiência e características in vivo da carcaça de cordeiros. Arq Bras Med Vet e Zootec. 2013;65(2):566–72.
 30. Lage BFC. Relações Entre Comportamento Alimentar e Temperamento Com Consumo Alimentar Residual Em Novilhos Nelore. Diamantina: Universidade Federal Dos Vales Do Jequitinhonha e Mucuri; 2013.
 31. Fernandes SR, Stieven ICB, Zanetti GF, Kowalski LH, Rossi Junior P, Moletta JL, et al. Características de desempenho e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual. Arq Bras Med Vet e Zootec. 2014;66(1):268–76.
 32. Sobrinho T, Branco R, Bonilha SFM, Castilhos AM, Figueiredo LA, Razook AG, et al. Residual feed intake and relationships with performance of Nelore cattle selected for post weaning weight. Rev Bras Zootec. 2011;40:929–37.
 33. Herd RM, Bishop SC. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. Livest Prod Sci. 2000;63:111–9.

34. Lanna DP, Almeida RD. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte [Internet]. BeefPoint. [cited 2017 Dec 17]. Available from: <http://www.beefpoint.com.br/consumo-alimentar-residual-um-novo-parametro-para-avaliar-a-eficiencia-alimentar-de-bovinos-de-corte-21551/>
35. Morais LCO. Estimativas de (co) variâncias e predições de valores genéticos do consumo alimentar residual e características associadas em touros da raça Nelore. Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2013.
36. Ferreira FA, Santos DO, Ribas LO, Brito EF, Ribas MO. Consumo Alimentar em Bovinos de Corte. Nutritime [Internet]. 2015;4368–78. Available from: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/338_-_4368-4378_-_NRE_12-6_nov-dez_2015.pdf
37. Richardson EC, Herd RM, Arthur PF. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *Aust J Exp Agric.* 2004;44:441–52.
38. Guimarães TP. Consumo alimentar residual de touros da raça Nelore em sistema de confinamento. Universidade Federal de Goiás; 2013.
39. Reis GL, Albuquerque FHMAR, Valente BD, Martins GA, Teodoro RL, Ferreira MBD, et al. Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços Holandês/Gir. *Ciência Rural.* 2008;38:778–83.
40. Pereira MC, Yokoo MJ, Bignardi AB, Sezana JC, de Albuquerque LG. Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. *Pesqui Agropecu Bras.* 2010;45(6):613–20.
41. Freitas AR. Curvas de crescimento na produção animal. Embrapa pecuária sudeste. 2007;
42. Santana TJS. Novos modelos de curvas de crescimento para bovinos de corte. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2013.
43. Graybill F, Yher H. Regression analysis. Michigan; 2004. p. 701.
44. Silva FF, Aquino LH, Oliveira AIG. Influência de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. *Ciência e Agrotecnologia.* 2011;25:1195–205.
45. Leme PR, Guedes C. Crescimento eficiente do animal. In: *Visão Agrícola.* 2005. p. 37–9.
46. Owens FN, Secrist DS, Coleman S. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J Anim Sci.* 1995;73(10):3152.

47. Schwartzkopf-Geinswein KS, Atwood S, McAllister TA. Relationships between bunk attendance, intake and performance of steers and heifers on varying feeding regimes. *Appl Anim Behav Sci.* 2002;76:179–88.
48. Campos MM, Lima JAM, Machado FS. Tecnologias de precisão na avaliação da eficiência alimentar. 2015;73–85.
49. Ribas MN, Chizzotti ML, Machado FS, Felix TM. Instrumentos de precisão para suporte às atividades zootécnicas. In: IX SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. UFV: Viçosa; 2014.
50. Rousing T, Bonde M, Badsberg JH, Sorensen JT. Stepping and kicking behaviour during milking in relation to response in human-animal interaction test and clinical health in loose housed dairy cows. *Livest Prod Sci.* 2004;88:1–8.
51. Cveticanin D, Wendl G. Dynamic weighing of dairy cows: using a lumpedparameter model of cow walk. *Comput Eletron Agric.* 2004;44:63–9.
52. Pastell M, Takko H, Gröhn H, Hautala M, Poikalainen V, Praks J, et al. Assessing cows' welfare: weighing the cow in a milking robot. *Biosyst Eng.* 2004;93(1):81–7.
53. Schofed CP. Image analysis for non-intrusive weight and activity monitoring of live pigs. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Environment. University of Warwick: England: ASAE Publication; 1993. p. 503–10.
54. White RP, Schofed CP, Green DM, Parsons DJ, Whittemore CT. The effectiveness of a Visual Image Analysis (VIA) system for monitoring the performance of growing/finishing pigs. *Anim Sci.* 2004;78:409–19.
55. Stajniko D, Brus M, Hocevar M. Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions. *Comput Eletron Agric.* 2008;61(2):233–40.
56. Mendes EDM, Gomes RC. Procedimentos para mensuração de consumo individual de alimento em bovinos de corte. Uberaba: Embrapa Pantanal; 2013. 28 p.
57. Archer JA, Arthur PF, Herd RM, Parnell PF, Pitchford WE. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. *J Anim Sci.* 1997;75:2024–32.
58. Castilhos AM, Branco RH, Razook AG, Bonilha SFM, Mercadante MEZ, Figueiredo LA. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed

- efficiency in Nellore cattle. *Rev Bras Zootec.* 2011;40:301–7.
59. Beef Improvement Federation. Guidelines for uniform beef improvement programs. 9th ed. Releigh; 2010.
 60. Wang Z, Nkrumah JD, Li C, Goonewardene LA, Okine EK, Crews DH, et al. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. *J Anim Sci.* 2006;84:2289–98.
 61. Graham JF, Knee BK, Clark AJ, Kearney GA. The potential to shorten the feeding period when measuring the net feed conversion efficiency of cattle using automated feeding and weighing system. *Proc Adv Anim Breed Genet.* 1999;13:488–491.
 62. Archer JA, Berghb L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. *Livest Prod Sci.* 2000;65:47–55.
 63. Kearney GA, Knee BW, Graham JF, Knott SA. The length of test required to measure liveweight change when test for feed efficiency in cattle. *Aust J Exp Agric.* 2004;44:411–4.
 64. Arthur PF, Archer JA, Herd RM. Feed intake and efficiency in beef cattle: Overview of recent Australian research and challenges for future. *Aust J Exp Agric.* 2004;44:361–9.
 65. Branco AF. Manual de Instalações para Confinamento de Bovinos [Internet]. [cited 2017 Dec 22]. Available from: http://docente.ifsc.edu.br/roberto.komatsu/MaterialDidatico/Agronegócio_4Mod_2017_1_PJI2/manual-instalacoes-confinamento_Branco_IEPEC.pdf%3E
 66. Miquilin F. Por dentro do cocho - fornecimento de água para bovinos de corte: boi que não bebe, não come [Internet]. *agrocere multimix.* 2017 [cited 2018 Feb 2]. Available from: <http://www.agrocere multimix.com.br/blog/por-dentro-do-cocho-fornecimento-de-agua-para-bovinos-de-corte-boi-que-nao-bebe-nao-come/>
 67. S C Filho V, Marcondes MI, L MC, P PVRP. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados. 2nd ed. Viçosa: UFV; 2010.
 68. Zenebon O, Pascuet NS, Tiglea P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos [Internet]. 4^a. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008. 1020 p. Available from: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentos_2008.pdf

69. SAS I. Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0 ed. Cary: SAS Institute. USA; 2002.
70. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna, Austria; 2017. Available from: <https://www.r-project.org/>