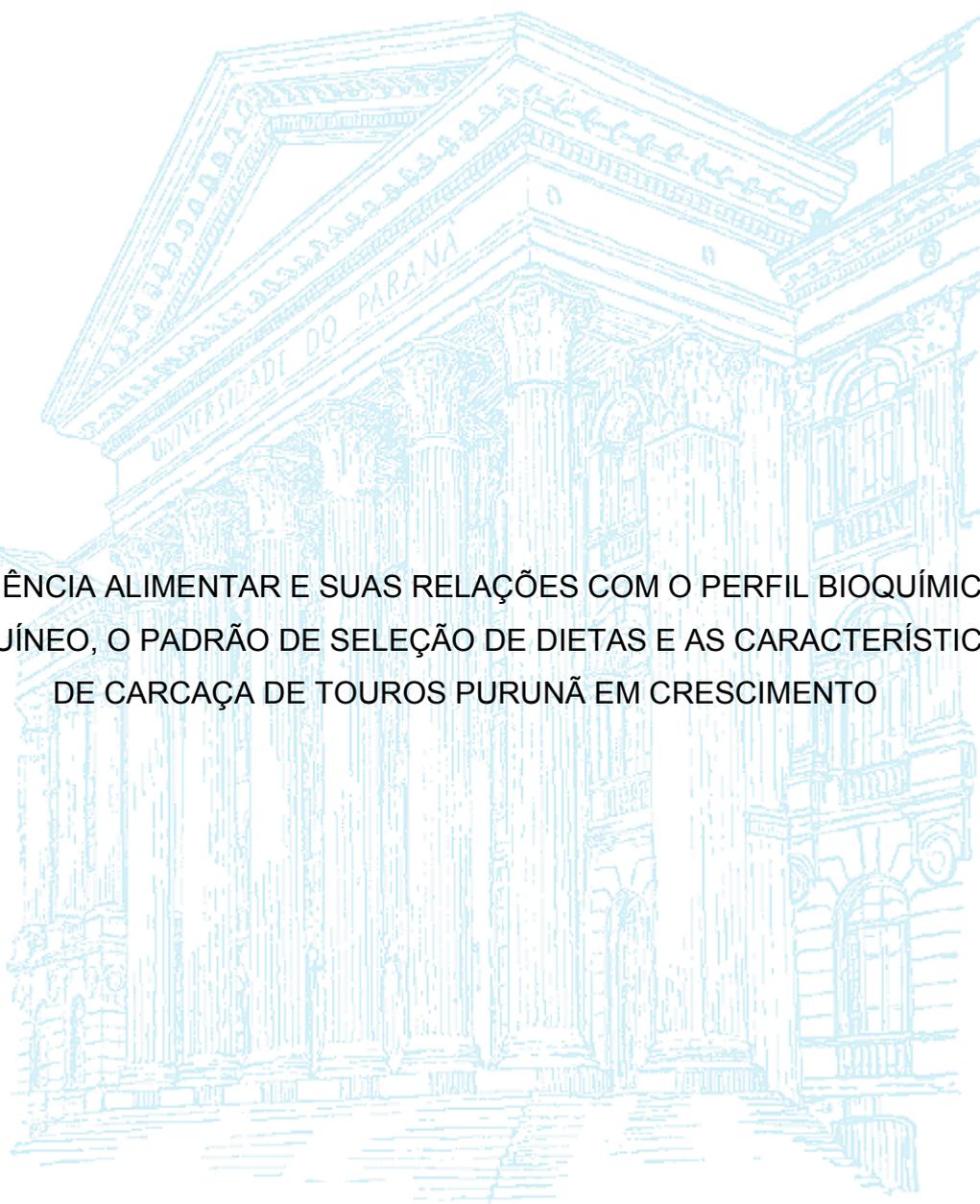


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SERGIO RODRIGO FERNANDES



EFICIÊNCIA ALIMENTAR E SUAS RELAÇÕES COM O PERFIL BIOQUÍMICO
SANGUÍNEO, O PADRÃO DE SELEÇÃO DE DIETAS E AS CARACTERÍSTICAS
DE CARÇAÇA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CURITIBA

2014

SERGIO RODRIGO FERNANDES

EFICIÊNCIA ALIMENTAR E SUAS RELAÇÕES COM O PERFIL BIOQUÍMICO
SANGUÍNEO, O PADRÃO DE SELEÇÃO DE DIETAS E AS CARACTERÍSTICAS
DE CARÇA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa Nutrição e Alimentação Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rossi Júnior

Comitê de Orientação: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida
Prof^a. Dr^a. Alda Lúcia Gomes
Monteiro

CURITIBA

2014

F363

Fernandes, Sergio Rodrigo

Eficiência alimentar e suas relações com o perfil bioquímico sanguíneo, o padrão de seleção de dietas e as características de carcaça de touros Purunã em crescimento / Sergio Rodrigo Fernandes. – Curitiba, 2014.
119f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Orientador: Paulo Rossi Júnior

1. Bovino de corte – Eficiência alimentar. 2. Metabolismo animal. 3. Nutrição animal. 4. Bovino de corte – Alimentação e rações. I. Rossi Júnior, Paulo. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. III. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.

CDU 636.2:636.084

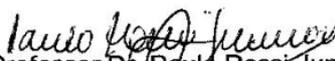
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



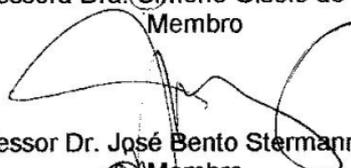
PARECER

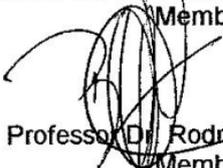
A Comissão Examinadora da Defesa da Tese intitulada “EFICIÊNCIA ALIMENTAR E SUAS RELAÇÕES COM O PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO, O PADRÃO DE SELEÇÃO DE DIETAS E AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO” apresentada pelo Doutorando **SERGIO RODRIGO FERNANDES** declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09–CEPE/UFPR, que considerou o candidato APTO para receber o Título de Doutor em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 28 de março de 2014


Professor Dr. Paulo Rossi Junior
Presidente/Orientador


Professora Dra. Simone Gisele de Oliveira
Membro


Professor Dr. José Bento Stermann Ferraz
Membro


Professor Dr. Rodrigo de Almeida
Membro


Dr. José Luiz Moletta
Membro

Dedico,

*Aos meus pais Eliane e Newton, aos meus irmãos Raphael e Rogério e
a minha avó Nídia por todo apoio, incentivo e por estarem sempre
presentes na minha vida!*

*À minha noiva Luciana, por todo carinho, compreensão e por ter
caminhado ao meu lado todos os dias durante essa jornada!*

AGRADECIMENTOS

A **DEUS** pela vida, pelas oportunidades que me concede a cada dia, por me ajudar a vencer esta etapa e por iluminar e guiar o meu caminho.

Aos meus pais **Eliane** e **Newton** por todo amor, carinho e respeito, por todo apoio concedido durante essa jornada e por estarem sempre presentes na minha vida quando precisei.

À minha noiva **Luciana** por todo amor e carinho, pela amizade e pelo companheirismo do início ao final deste trabalho, onde aprendeu a lidar com o meu jeito paciente e metódico de ser! Todo seu apoio, compreensão e sua presença ao meu lado foram fundamentais para me ajudar a concluir essa etapa.

Aos meus irmãos **Raphael** e **Rogério**, minha avó **Nídia** e meus tios **Ademar** e **Simone** por todo incentivo e apoio.

À **Universidade Federal do Paraná (UFPR)** por disponibilizar a estrutura física e um corpo docente competente, o que foi imprescindível para o meu aprendizado e para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao **Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR)** por disponibilizar a estrutura experimental, os animais e a mão de obra, o que tornou possível a realização desta pesquisa.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Paulo Rossi Junior** pela oportunidade, pelo apoio, pela confiança em mim depositada e, principalmente, pela amizade fortalecida nesses quatro anos de aprendizado e muito trabalho.

Ao pesquisador do IAPAR **Dr. José Luiz Moletta** pela confiança e por todo o apoio concedido durante a execução do experimento, ajudando a superar as dificuldades que surgiram nessa etapa e proporcionando a realização de uma pesquisa de boa qualidade.

Ao **Prof. Dr. Rodrigo de Almeida** pela amizade, pelo tempo despendido com a discussão, análise e interpretação dos dados, e pela rica contribuição com novas ideias e sugestões para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos professores **Dr. José Bento Sterman Ferraz, Dr^a. Simone Gisele de Oliveira** e **Dr^a. Alda Lúcia Gomes Monteiro**, por aceitarem o convite para participar da banca de avaliação e por disponibilizarem tempo para realizar a leitura e as correções desta tese. As suas contribuições serão fundamentais para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Às amigas e colegas de pós-graduação **Isabel Cristina Bonometti Stieven** e **Giovana Fanchin Zanetti**, pela convivência, companheirismo e pelo compromisso físico e intelectual no desenvolvimento e na execução do experimento de 2011.

Aos amigos **Damaris Ferreira de Souza, Nelson Teixeira Santos Junior, Rafael Felice Fan Chen, Miguel Henrique de Almeida Santana, Odilei Rogério Prado, Cláudio José Araújo da Silva** e **Edson Ferraz Evaristo de Paula** pelos bons momentos de convivência, pelo companheirismo, apoio e auxílio nas atividades experimentais e científicas.

Aos estagiários do Laboratório de Pesquisas em Bovinocultura (LAPBOV) da UFPR: **Gustavo Henrique Pedroso Santos, Thiago Augusto Cruz, Giuliano Talys de Oliveira, Patrick da Rocha Mella, Carlos Henrique Kulik, Ellen Marena Oliveira Silva, Laura Derenevycz Faisca, Marília Cristina Pinto, Darleny Eliane Garcia Horwat, Cássio Raso Biancardi, Luiz Miguel Borkoski, Helton Gonçalves do Nascimento** e **Guilherme Wolff** por disponibilizarem tempo e pela disposição de se deslocarem aos finais de semana (na maioria das vezes) até o IAPAR em Ponta Grossa para ajudar nos experimentos.

A todos os funcionários do IAPAR que viabilizaram e colaboraram na execução dos experimentos, e por compreenderem que um trabalho de pesquisa da dimensão do que foi realizado em 2011 e 2012 exige, além de dedicação, muita disciplina, rigor metodológico e paciência para ser realizado.

A **Prof^a. Dr^a. Rosangela Locatelli Dittrich** e ao técnico **Olair Carlos Beltrame** pela realização de todas as análises bioquímicas das amostras de soro dos animais avaliados nesta pesquisa no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária.

Aos professores **Dr. Rodrigo de Almeida, Dr. Patrick Schmidt, Dr^a Simone Gisele de Oliveira** e **Dr^a. Alda Lúcia Gomes Monteiro** pelas contribuições e sugestões de melhoria deste trabalho no exame de qualificação.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias** pela oportunidade de ingressar, realizar e concluir o curso de doutorado.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos pelo programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI).

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para minha formação durante o doutorado e para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!!!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Sergio Rodrigo Fernandes, filho de Newton Sergio Fernandes e Eliane Nídia Gailit, nasceu em Curitiba, Paraná, no dia 18 de Outubro de 1983.

Em Março de 2003 ingressou no Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e em Março de 2008 recebeu o grau de Zootecnista. Realizou estágio no Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos (LAPOC) desde 2003, onde foi bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no período de Agosto de 2006 a Julho de 2007.

Em Março de 2008 iniciou o Mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias (PGCV) na UFPR, na área de Sistemas de Produção Animal e Meio Ambiente, tendo como orientadora a Prof^a. Dr^a. Alda Lúcia Gomes Monteiro.

No dia 24 de Fevereiro de 2010 submeteu-se à Banca Examinadora de Mestrado, composta pela presidente/orientadora Prof^a. Dr^a. Alda Lúcia Gomes Monteiro e pelos membros titulares Prof^a. Dr^a. Rosangela Locatelli Dittrich (UFPR) e Prof^a. Dr^a. Ana Cláudia Ruggieri (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; UNESP-FCAV), e foi aprovado, alcançando o grau de Mestre em Ciências Veterinárias.

Em Março de 2010 iniciou o Doutorado no Programa de PGCV na UFPR, na área de Nutrição e Alimentação Animal, tendo como orientador o Prof. Dr. Paulo Rossi Junior.

No dia 01 de Outubro de 2012 submeteu-se ao Exame de Qualificação de Doutorado e foi aprovado.

RESUMO

A eficiência alimentar de bovinos de corte tem sido avaliada com base no consumo alimentar residual (CAR), característica que permite a identificação de animais que consomem pouco alimento, mas mantém o mesmo nível de produção (ganho médio diário - GMD, tamanho e peso corporal) do rebanho. A melhoria da eficiência para CAR pode influenciar outras características de eficiência alimentar, o metabolismo, o comportamento alimentar e a composição corporal dos animais. Além do CAR, o consumo e ganho residual (CGR), que é um índice composto pelo CAR e pelo ganho de peso residual (GR), foi proposto recentemente como uma nova alternativa para avaliar a eficiência de bovinos de corte. O CGR permite a identificação de animais que apresentam baixo consumo de alimento e que, simultaneamente, expressam alto ganho de peso. O objetivo deste estudo foi avaliar a relação do CAR com as características de desempenho, consumo e de eficiência alimentar (Capítulo I); com os metabólitos sanguíneos relacionados com o metabolismo proteico, energético e enzimático, a nível muscular e hepático (Capítulo II); e com o padrão de seleção da dieta fornecida em confinamento e as características de carcaça de touros Purunã em crescimento (Capítulo III). Avaliou-se, também, a relação do CGR com as características de desempenho, consumo e de eficiência alimentar, e as características de carcaça desses animais (Capítulo IV). Foram avaliados 110 tourinhos Purunã que apresentavam 10 meses de idade, em média, no início do experimento. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais em confinamento e alimentados à vontade por 112 dias. A dieta foi composta por 580 g/kg de silagem de milho e 420 g/kg de concentrado, e apresentou 130 g/kg de proteína bruta (PB) e 767 g/kg de nutrientes digestíveis totais (NDT), em base de matéria seca (MS). O consumo de MS (CMS) foi mensurado diariamente e o GMD foi mensurado a cada 28 dias. O CAR e o GR foram calculados a partir do CMS, GMD e do peso médio metabólico (PMM). Para o cálculo do CGR, o CAR e o GR foram padronizados para variância 1 e, posteriormente, os valores de CAR foram multiplicados por -1 e somados aos valores de GR. As concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos foram determinadas a cada 28 dias. O padrão de seleção da dieta foi avaliado pela distribuição das partículas das sobras da dieta no Separador de Partículas *Penn State* (SPPS). As características de carcaça foram avaliadas por ultrassonografia no início e no final do experimento. Os animais foram divididos em três classes de eficiência para CAR e CGR: eficiente, intermediária e ineficiente. O peso corporal (PC) inicial e final, e o GMD foram semelhantes entre as classes de eficiência para CAR, apresentando média de 233 kg, 360 kg e 1,14 kg/dia. O CMS, o CMS em relação ao PC (CMS_{PC}), e o CMS para atender as necessidades de manutenção (CMS_{MANT}) e de crescimento (CMS_{GANHO}) aumentaram da classe eficiente para a ineficiente para CAR. A diminuição do CAR levou à redução da conversão alimentar (CA) em 12,2% e ao aumento da eficiência alimentar bruta (EAB) e da eficiência parcial de crescimento (EPC) em 13,3% e 15,5%, respectivamente. A creatinina sérica foi maior na classe eficiente, indicando que os tourinhos eficientes apresentaram maior massa muscular que os ineficientes para CAR. A glicose sérica diminuiu da classe ineficiente para a eficiente, o que pode estar relacionado com a maior eficiência do metabolismo mitocondrial em tourinhos eficientes para CAR. O colesterol sérico foi maior na classe eficiente, o que sugere a menor utilização de triglicerídeos transportados por lipoproteínas de alta densidade (HDL) para suprir a

demanda energética de tourinhos eficientes para CAR. As sobras da dieta de tourinhos eficientes para CAR apresentaram maior proporção de partículas maiores que 19 mm e de partículas maiores que 7,8 mm, menor proporção de partículas entre 1,7 e 7,8 mm e maior tamanho médio de partícula que as sobras de tourinhos ineficientes, indicando que os primeiros selecionaram dieta com maior proporção de concentrado. A relação entre largura e profundidade (L:P) do olho de lombo no músculo *Longissimus dorsi* foi menor em tourinhos eficientes para CAR. A área de olho de lombo (AOL) inicial foi ligeiramente superior em tourinhos eficientes, porém a AOL final não diferiu entre as classes de eficiência para CAR. As espessuras de gordura subcutânea (EGS) inicial e final, e o ganho em EGS foram semelhantes entre as classes de eficiência para CAR. Conforme observado entre as classes de eficiência para CAR, o PC inicial e final não diferiu entre as classes de eficiência para CGR. Entretanto, o GMD na classe ineficiente (1,02 kg/dia) foi menor que nas classes intermediária e eficiente (média de 1,19 kg/dia). O CMS_{PC} e o CMS_{MANT} aumentaram da classe eficiente para a ineficiente. O aumento do CGR diminuiu a CA em 23% e aumentou a EAB em 28%, a eficiência de manutenção (EMant) em 37%, a EPC em 21%, a taxa de crescimento relativo (TCR) em 20% e a taxa de Kleiber (TK) em 21%. Entre as características de carcaça, a relação L:P do olho de lombo também foi menor na classe eficiente para CGR, enquanto as medidas iniciais e finais, e os ganhos em AOL e EGS não diferiram entre as classes de eficiência para CGR. Conclui-se que touros Purunã em crescimento classificados como eficientes para CAR consomem menos alimento, mas mantêm o mesmo nível de produção dos ineficientes. A melhoria da eficiência para CAR nesses animais está relacionada com aumento da musculabilidade, o metabolismo energético mais eficiente e o consumo de dietas com maior proporção de concentrado. A melhoria da eficiência para CGR diminui a exigência de manutenção, o que determina a diminuição do consumo de alimento em relação ao PC e o aumento do ganho de peso diário de touros Purunã em crescimento. A composição da carcaça desses animais não se altera com a melhoria da eficiência para CAR e para CGR, mas a forma arredondada do músculo *Longissimus dorsi* indica um maior potencial de desenvolvimento muscular aos tourinhos eficientes para essas duas características de eficiência alimentar.

Palavras-chave: concentrado, consumo alimentar residual, consumo e ganho residual, desenvolvimento muscular, exigência de manutenção, metabolismo energético

ABSTRACT

The feed efficiency of beef cattle has been evaluated by residual feed intake (RFI), which is a measure that allows the identification of animals with low feed intake and same production level (average daily gain – ADG, size and body weight) of the herd. The improvement of efficiency for RFI can affect other feed efficiency traits, the metabolism, the feeding behavior and body composition of the animals. In addition to the RFI, the residual intake and body weight gain (RIG), which is an index composed by RFI and residual body weight gain (RG), was recently proposed as a new option to evaluate the efficiency of beef cattle. The RIG allows the identification of animals with low feed intake and, simultaneously, with high weight gain. The purpose of this study was to evaluate the RFI relationship with performance, feed intake and feed efficiency traits (Chapter I); with blood metabolites related to the protein and energy metabolism, and enzymatic metabolism in muscle and liver (Chapter II); and with the pattern of diet selection in feedlot and carcass traits of Purunã growing bulls (Chapter III). Moreover, there was evaluated the RIG relationship with performance, feed intake and feed efficiency traits, and with the carcass traits of these animals (Chapter IV). There were used 110 Purunã growing bulls with average of 10 months of age at the beginning of trial. Animals were randomly allocated in individual feedlot pens and fed *ad libitum* for 112 days. The diet was composed by 580 g/kg of corn silage and 420 g/kg of concentrate, and contained 130 g/kg of crude protein (CP) and 767 g/kg of total digestible nutrients (TDN) on dry matter (DM) basis. Dry matter intake (DMI) was measured daily and ADG was measured every 28 days. DMI, ADG and mean metabolic weight (MMW) were used to calculate RFI and RG. RIG was calculated multiplying the RFI values by -1 and adding to RG values, both previously standardized to variance 1. Serum concentrations of blood metabolites were determined every 28 days. The pattern of diet selection was assessed by the particle distribution of diet leftovers in the Penn State Particle Separator (PSPS). Carcass traits were assessed by ultrasonography at the beginning and at the end of the trial. The growing bulls were divided into three efficiency groups based on RFI and RIG: efficient, intermediary and inefficient. Initial and final body weight (BW) and ADG did not differed among efficiency groups for RFI and showed mean values of 233 kg, 360 kg and 1.14 kg/d. DMI, DMI relative to BW (DMI_{BW}) and DMI to supply the requirements for maintenance (DMI_M) and growth (DMI_G) increased from efficient to inefficient groups for RFI. The reduction in RFI decreased the feed conversion ratio (FCR) in 12.2% and increased the gross feed efficiency (GFE) and partial efficiency of growth (PEG) in 13.3% and 15.5%, respectively. Serum creatinine was higher in the efficient group, indicating that efficient growing bulls showed greater muscle mass than the inefficient ones for RFI. Serum glucose decreased from the inefficient to the efficient group, which can be related to the higher efficiency of mitochondrial metabolism in growing bulls efficient for RFI. Serum cholesterol was higher in the efficient group, which suggests the lower utilization of triglycerides transported by high density lipoproteins (HDL) to supply the energy demand of the growing bulls efficient for RFI. The diet leftovers of efficient growing bulls had higher proportion of particles bigger than 19 mm and particles bigger than 7.8 mm, lower proportion of particles between 1.7 and 7.8 mm and greater average particle size than the leftovers of the inefficient growing bulls for RFI, which indicates that the first ones selected diet with higher proportion of concentrate. The width:depth ratio of rib eye in *Longissimus*

dorsi muscle was lower in the efficient growing bulls for RFI. Initial rib eye area (REA) was slightly greater in efficient growing bulls, but final REA did not differ among the efficiency groups for RFI. Initial and final backfat thickness (BFT), and BFT gain were similar among the efficiency groups for RFI. As noted among the efficiency groups for RFI, initial and final BW did not differ among the efficiency groups for RIG. However, ADG was lower in the inefficient group (1.02 kg/d) compared to the intermediary and efficient groups (1.19 kg/d on average). DMI_{BW} and DMI_M increased from the efficient to the inefficient groups for RIG. The increment in RIG decreased FCR in 23% and increased GFE in 28%, the maintenance efficiency (ME_{effic}) in 37%, PEG in 21%, the relative growth rate (RGR) in 20% and the Kleiber ratio (KR) in 21%. For the carcass traits, the width:depth (W:D) ratio of rib eye also was lower in the efficient group for RIG, while the initial and final measures, and the gains in REA and BFT did not differ among the efficiency groups for RIG. It was concluded that growing bulls efficient for RFI have lower feed intake but keep the same production level of the inefficient ones. The improvement of efficiency for RFI in these animals is related to an increase in muscularity, high efficiency of energy metabolism and intake of diets with a higher proportion of concentrate feed. The improvement of efficiency for RIG decreases the maintenance requirements, which determines the decrease of feed intake relative to BW and the increase of daily BW gain of Purunã growing bulls. The carcass composition of these animals is not influenced by the improvement of efficiency for RFI and RIG, but the rounded shape of *Longissimus dorsi* muscle indicates a high potential of muscular development in growing bulls efficient for these feed efficiency traits.

Keywords: concentrate, energy metabolism, maintenance requirements, muscle development, residual feed intake, residual intake and body weight gain

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - CONFINAMENTO COBERTO, COM PISO DE CONCRETO E BAIAS INDIVIDUAIS COM COCHOS DE MADEIRA NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA MODELO (EEFM) DO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), EM PONTA GROSSA, PARANÁ.....35
- FIGURA 2 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS) E ESTIMADO (CMS_{EST}) PARA TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)46
- FIGURA 3 - CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS), CONSUMO DE MATÉRIA SECA ESTIMADO (CMS_{EST}) E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DO ANIMAL MAIS EFICIENTE E DO ANIMAL MAIS INEFICIENTE PARA CAR NA POPULAÇÃO DE TOURINHOS PURUNÃ AVALIADA.....47
- FIGURA 4 - FRAÇÕES DAS SOBRAS DA DIETA DE TOURINHOS PURUNÃ OBTIDAS NAS PENEIRAS COM ABERTURAS DE 19 mm (P1), 7,8 mm (P2), 1,7 mm (P3) DE DIÂMETRO E NO COMPARTIMENTO FECHADO (FUNDO).....78
- FIGURA 5 - IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA OBTIDA ENTRE A 12ª E 13ª COSTELAS (A) E AS MEDIDAS DE LARGURA (LOL) E PROFUNDIDADE (POL) MÁXIMAS DO OLHO DE LOMBO, ÁREA DE OLHO DE LOMBO (AOL) E ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA (EGS) NO MÚSCULO *Longissimus dorsi* (B) DE TOURINHOS PURUNÃ80
- FIGURA 6 - VARIAÇÃO DA PROPORÇÃO DAS FRAÇÕES COM PARTÍCULAS MAIORES QUE 19 mm (P1), ENTRE 7,8 E 19 mm (P2), ENTRE 1,7 E 7,8 mm (P3) E MENORES QUE 1,7 mm (FUNDO) NAS SOBRAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL84
- FIGURA 7 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, PARANÁ, DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO85
- FIGURA 8 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR106

FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR	106
FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR.....	110
FIGURA 11 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR.....	110

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÉPOCA DE NASCIMENTO, GRUPOS DE CONTEMPORÂNEOS (GC) E NÚMERO DE TOUROS E VACAS UTILIZADOS NOS CRUZAMENTOS PARA A OBTENÇÃO DOS TOURINHOS PURUNÃ AVALIADOS NO EXPERIMENTO	34
TABELA 2 - MÉDIAS E DESVIO PADRÃO ($M \pm DP$) PARA PESO AO NASCIMENTO E PARA IDADE E PESO DOS TOURINHOS PURUNÃ AO DESMAME, NO INÍCIO E NO FINAL DO EXPERIMENTO NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO	34
TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS TOURINHOS PURUNÃ NAS INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA MODELO (EEFM) DO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), EM PONTA GROSSA, PARANÁ, NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.....	35
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO (EM BASE DE MATÉRIA SECA – MS) DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.....	36
TABELA 5 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO CONCENTRADO (CONC), DA SILAGEM DE MILHO (SM) E DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.....	37
TABELA 6 - COMPOSIÇÃO DAS FONTES DE MINERAIS E TEORES DE MACROMINERAIS E MICROMINERAIS FORNECIDOS PELAS FONTES DE MINERAIS ADICIONADAS NA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO	38
TABELA 7 - MÉTODO DE CÁLCULO E UNIDADE DAS MEDIDAS DE CONSUMO ALIMENTAR OBTIDAS A PARTIR DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS), GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) E PESO CORPORAL (PC) DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO	40
TABELA 8 - MÉTODO DE CÁLCULO E UNIDADE DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR OBTIDAS A PARTIR DAS MEDIDAS DE CONSUMO ALIMENTAR E DESEMPENHO DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.....	40

TABELA 9 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	43
TABELA 10 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CONSUMO ALIMENTAR, E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	45
TABELA 11 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	50
TABELA 12 - KITS BIOQUÍMICOS E MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO	58
TABELA 13 - RESULTADO DA ANÁLISE DE MEDIDAS REPETIDAS NO TEMPO, MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO EXPERIMENTAL (ANO), PERÍODO EXPERIMENTAL (TEMPO) E AS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (CLASSE) DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	60
TABELA 14 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	61
TABELA 15 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	66
TABELA 16 - PROPORÇÕES DAS QUATRO FRAÇÕES OBTIDAS NO SEPARADOR DE PARTÍCULAS <i>PENN STATE</i> (SPPS) E TAMANHO MÉDIO DAS PARTÍCULAS DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO	79

TABELA 17 - RESULTADO DA ANÁLISE DE MEDIDAS REPETIDAS NO TEMPO, MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO EXPERIMENTAL (ANO), PERÍODO EXPERIMENTAL (TEMPO) E CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (CLASSE) DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	83
TABELA 18 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	86
TABELA 19 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	88
TABELA 20 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO <i>Longissimus dorsi</i> DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	89
TABELA 21 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO <i>Longissimus dorsi</i> E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	91
TABELA 22 - DESCRIÇÃO DOS EFEITOS FIXOS, ANIMAIS AVALIADOS EM FUNÇÃO DOS EFEITOS FIXOS E FATORES DE AJUSTE DO INTERCEPTO (FAI) DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS_{EST}) E DO GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD_{EST}) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	102
TABELA 23 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)	104

TABELA 24 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CONSUMO ALIMENTAR, E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	104
TABELA 25 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)	109
TABELA 26 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	112
TABELA 27 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO <i>Longissimus dorsi</i> DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)	113
TABELA 28 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO <i>Longissimus dorsi</i> E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO	115

LISTA DE ABREVIações

AGCC	- Ácidos graxos de cadeia curta
AGNE	- Ácidos graxos não esterificados
ALB	- Albumina
ALT	- Alanina aminotransferase
AOL	- Área de olho de lombo
AST	- Aspartato aminotransferase
BHB	- Beta-hidroxibutirato
CA	- Conversão alimentar
Ca	- Cálcio
CAR	- Consumo alimentar residual
CEIP	- Certificado Especial de Identificação e Produção
CEUA-SCA	- Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias
CF	- Carboidratos fibrosos
CGR	- Consumo e ganho residual
CK	- Creatina-quinase
CMS	- Consumo de matéria seca
CMS _{EST}	- Consumo de matéria seca estimado
CMS _{GANHO}	- Consumo de matéria seca estimado para crescimento
CMS _{MANT}	- Consumo de matéria seca estimado para manutenção
CMS _{PC}	- Consumo de matéria seca em relação ao peso corporal
CMS _{PM}	- Consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico
Col	- Colesterol
Cre	- Creatinina
DP	- Desvio padrão
EAB	- Eficiência alimentar bruta
EE	- Extrato etéreo
EEFM	- Estação Experimental Fazenda Modelo
EGS	- Espessura de gordura subcutânea
EM	- Energia metabolizável
EMant	- Eficiência de manutenção
EPC	- Eficiência parcial de crescimento
EPM	- Erro padrão médio

FA	- Fosfatase alcalina
FAI _{ANO}	- Fator de ajuste do intercepto para ano de avaliação
FAI _{CONF}	- Fator de ajuste do intercepto para confinamento experimental
FDA	- Fibra em detergente ácido
FDAp	- Fibra em detergente ácido corrigida para proteína
FDN	- Fibra em detergente neutro
FDNp	- Fibra em detergente neutro corrigida para proteína
GGT	- Gamaglutamiltransferase
Gli	- Glicose
GMD	- Ganho médio diário
GMD _{EST}	- Ganho médio diário estimado
GR	- Ganho de peso residual
HDL	- Lipoproteínas de alta densidade
IAPAR	- Instituto Agrônômico do Paraná
LDL	- Lactato desidrogenase
LIG	- Lignina
LNA	- Laboratório de Nutrição Animal
LOL	- Largura do olho de lombo
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MN	- Matéria natural
MS	- Matéria seca
NDT	- Nutrientes digestíveis totais
NIDA	- Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDIN	- Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
O ₂	- Oxigênio
P	- Fósforo
PB	- Proteína bruta
PC	- Peso corporal
PF	- Peso corporal final
PI	- Peso corporal inicial
PIDA	- Proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN	- Proteína insolúvel em detergente neutro
PM	- Peso metabólico
PMM	- Peso médio metabólico
POL	- Profundidade do olho de lombo

PS	- Peso seco
PT	- Proteínas totais
PU	- Peso úmido
RM	- Resíduo mineral
RPM	- Rotações por minuto
SAS	- <i>Statistical Analysis System</i>
SPPS	- Separador de Partículas <i>Penn State</i>
TCR	- Taxa de crescimento relativo
TK	- Taxa de Kleiber
TMP	- Tamanho médio das partículas
TMS	- Teor de matéria seca
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	25
CAPÍTULO I – DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL	30
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	33
2.2. AVALIAÇÕES DE CONSUMO, DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR.....	39
2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4. CONCLUSÃO	51
5. REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO II – PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL	54
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1. AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO.....	57
2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÃO	70
5. REFERÊNCIAS	71
CAPÍTULO III – PADRÃO DE SELEÇÃO DA DIETA E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA AVALIADAS POR ULTRASSONOGRRAFIA EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL	74
1. INTRODUÇÃO.....	76
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	77
2.1. AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE SELEÇÃO DE PARTÍCULAS DA DIETA.....	77
2.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA.....	79

2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	80
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4. CONCLUSÃO	95
5. REFERÊNCIAS	96
CAPÍTULO IV – DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA AVALIADAS POR ULTRASSONOGRRAFIA EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO E GANHO RESIDUAL.....	98
1. INTRODUÇÃO	100
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	101
2.1. AVALIAÇÃO DO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)	101
2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	103
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
4. CONCLUSÃO	115
5. REFERÊNCIAS	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS	118

INTRODUÇÃO GERAL

A bovinocultura de corte ocupa posição de destaque no setor agropecuário nacional e mundial. Atualmente, o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos de corte do mundo, com 203,3 milhões de cabeças, e é o maior exportador mundial de carne bovina, com 1,8 milhões de toneladas equivalente carcaça (tec) comercializadas em 2013 (USDA, 2013). Nessa condição, o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que melhorem os índices produtivos e reduzam os custos de produção da carne bovina são necessários, pois irão permitir que o país continue ocupando posição privilegiada nessa atividade.

Além da melhoria da condição nutricional e do padrão genético dos animais, a manutenção de animais que apresentam alta eficiência alimentar no rebanho pode melhorar os índices produtivos da bovinocultura de corte brasileira. A utilização de touros com eficiência alimentar comprovada em provas de desempenho como reprodutores em rebanhos de cria pode contribuir para a melhoria da eficiência alimentar do rebanho brasileiro, pois as medidas ou características de eficiência alimentar apresentam herdabilidade moderada (Arthur et al., 2001; Schenkel et al., 2004; Berry e Crowley, 2012).

A eficiência alimentar pode ser avaliada por meio de diversas medidas ou características, sendo as mais comuns a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar bruta (EAB). A CA é calculada pela razão entre a quantidade de alimento consumido diariamente e o ganho de peso diário dos animais, sendo expressa em kg de MS/kg de ganho. Já a EAB é o inverso da CA, sendo expressa em g de ganho/kg de MS consumida. Entretanto, essas duas características de eficiência alimentar têm alta correlação com o peso corporal (PC) adulto (Arthur et al., 2001). Portanto, bovinos eficientes para CA e EAB atingem tardiamente o peso e o grau de acabamento adequados para abate, o que não é interessante sob o ponto de vista econômico.

Diante das desvantagens da CA e da EAB, outras medidas de eficiência alimentar passaram a ser avaliadas em bovinos de corte, entre elas o consumo alimentar residual (CAR). Essa medida corresponde a diferença entre o consumo de matéria seca (CMS) observado e o CMS estimado com base no peso médio metabólico (PMM) e no ganho médio diário (GMD) dos animais (Koch et al., 1963).

Dessa forma, os animais que apresentam valores negativos para CAR são considerados eficientes, pois consomem menos alimento que o estimado.

Recentemente, o consumo e ganho residual (CGR) foi proposto como uma nova medida para avaliar a eficiência de bovinos de corte (Berry e Crowley, 2012). Essa medida é composta pelo CAR e pelo ganho de peso residual (GR), que corresponde a diferença entre o GMD observado e o GMD estimado com base no PMM e no CMS dos animais. Nesse caso, os animais que apresentam valores positivos para GR são considerados eficientes, pois ganham mais peso que o estimado. Assim, o CGR permite a identificação de animais que consomem menos alimento e que, ao mesmo tempo, apresentam alto ganho de peso, pois é composto por frações equivalentes de um fator de ajuste para eficiência alimentar (CAR) e outro para eficiência produtiva (GR).

O CAR e o CGR são fenotipicamente independentes do PC dos animais, uma vez que são calculados a partir do PMM. Dessa forma, a melhoria da eficiência para essas características não eleva o tamanho e o PC adulto dos animais. No entanto, o aumento da eficiência para CAR está relacionado com mudanças no metabolismo, no comportamento alimentar e na composição corporal (Herd e Arthur, 2009). A mudança na composição corporal é a que mais se destaca na literatura científica, demonstrando que bovinos eficientes para CAR apresentam carcaças mais magras, com baixa deposição de gordura de cobertura (Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009; Herd e Pitchford, 2011). Como o CAR compõe o CGR, essas mudanças também podem ocorrer em bovinos eficientes para CGR.

Estudos sobre a eficiência alimentar de bovinos de corte baseada no CAR foram realizados, em sua maioria, com bovinos puros e mestiços de raças taurinas em fase de terminação (Robinson e Oddy, 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009). No Brasil, o CAR passou a ser avaliado recentemente em bovinos da raça Nelore, sendo mensurado em animais recém-desmamados (Castilhos et al., 2010; Lucila Sobrinho et al., 2011), novilhos castrados (Gomes et al., 2012) e em touros adultos submetidos a provas de desempenho (Santana et al., 2012). Por outro lado, dados e informações sobre a eficiência de bovinos de corte baseada no CGR ainda são escassos, havendo poucos trabalhos na literatura científica que exploraram esse tema (Berry e Crowley, 2012; Chaves, 2013).

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a relação do CAR com o desempenho, o consumo e a eficiência alimentar (avaliada com base em

outras características); o perfil metabólico; o comportamento alimentar relacionado com a seleção de dietas; e a composição corporal de touros do grupo genético Purunã, alimentados em confinamento na fase de recria. Objetivou-se, também, avaliar a relação do CGR com o desempenho, o consumo e a eficiência alimentar (avaliada com base em outras características) e a composição corporal nesses animais.

Esta tese foi elaborada na forma de capítulos, onde:

- O Capítulo I foi intitulado *Desempenho e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual*, no qual o objetivo foi apresentar e discutir a relação do CAR com as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento;
- O Capítulo II foi intitulado *Perfil bioquímico sanguíneo de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual*, no qual o objetivo foi apresentar e discutir a relação do CAR com os metabólitos sanguíneos que estão relacionados com o metabolismo proteico, energético e enzimático, a nível muscular e hepático, em touros Purunã em crescimento;
- O Capítulo III foi intitulado *Padrão de seleção da dieta e características de carcaça avaliadas por ultrassonografia em touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual*, no qual o objetivo foi apresentar e discutir a relação do CAR com o comportamento alimentar relacionado com a seleção da dieta em condição de confinamento, e a composição corporal baseada nas características de carcaça de touros Purunã em crescimento;
- O Capítulo IV foi intitulado *Desempenho e características de carcaça avaliadas por ultrassonografia em touros Purunã em crescimento de três classes de consumo e ganho residual*, no qual o objetivo foi apresentar e discutir a relação do CGR com as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar, e com a composição corporal baseada nas características de carcaça de touros Purunã em crescimento.

Ao final da tese, o tópico *Considerações Finais* apresenta uma discussão resumida dos resultados obtidos e sugestões para pesquisas futuras sobre o tema abordado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.68, p.131-139, 2001.

BERRY, D.P.; CROWLEY, J.J. Residual intake and body weight gain: A new measure of efficiency in growing cattle. **Journal Animal Science**, v.90, p.109-115, 2012.

CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R.H.; CORVINO, T.L.S.; RAZOOK, A.G.; BONILHA, S.F.M.; FIGUEIREDO, L.A. Feed efficiency of Nellore cattle selected for postweaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2486-2493, 2010.

CHAVES, A.S. **Relações entre eficiência alimentar e características de carcaça, qualidade de carne, batimentos cardíacos e consumo de oxigênio em bovinos**. 2013. 133f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

GOMES, R.C.; SAINZ, R.D.; SILVA, S.L.; CÉSAR, M.C.; BONIN, M.N.; LEME, P.R. 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**, v.150, p.265-273, 2012.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.87, p.E64-E71, 2009.

HERD, R.M.; PITCHFORD, W.S. Residual feed intake selection makes cattle leaner and more efficient. **Recent Advances in Animal Nutrition**, v.18, p.45-60, 2011.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS JR, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1539, 2009.

LUCILA SOBRINHO, T.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; MERCADANTE, M.E.Z. Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.929-937, 2011.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.85, 2711-2720, 2007.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.

SANTANA, M.H.A.; ROSSI JUNIOR, P.; ALMEIDA, R.; CUCCO, D.C. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nelore bulls. **Livestock Science**, v.145, p.252-257, 2012.

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**, n.84, p.177-185, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2013. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade – Nov/2013**. Disponível em: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf, acesso em 09 de Março de 2014.

CAPÍTULO I – DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

RESUMO

O consumo alimentar residual (CAR) é uma característica de eficiência alimentar que permite identificar animais que consomem menos alimento do que o estimado com base no ganho médio diário (GMD) e no peso médio metabólico (PMM). A melhoria da eficiência para CAR pode afetar outras características de eficiência alimentar que são mensuradas em bovinos. O objetivo deste estudo foi avaliar as características de desempenho, consumo e de eficiência alimentar de touros em crescimento de três classes de CAR: eficiente, intermediária e ineficiente. Foram avaliados 110 tourinhos Purunã que apresentavam 10 meses de idade, em média, no início do experimento. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais em confinamento coberto e alimentados à vontade por 112 dias. A dieta foi composta por 580 g/kg de silagem de milho e 420 g/kg de concentrado, e apresentou 130 g/kg de proteína bruta (PB) e 767 g/kg de nutrientes digestíveis totais (NDT), em base de matéria seca (MS). O consumo de MS (CMS) foi mensurado diariamente e o GMD foi mensurado a cada 28 dias. O peso corporal (PC) inicial e final, e o GMD não diferiram entre as classes de eficiência e apresentaram valores médios de 233 kg, 360 kg e 1,14 kg/dia. Registraram-se valores médios de 7,19; 7,62 e 8,10 kg/dia para CMS e -0,48; -0,01 e 0,48 kg de MS/dia para CAR nas classes eficiente, intermediária e ineficiente. A conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar bruta (EAB) foram semelhantes entre as classes eficiente e intermediária, e apresentaram média de 6,65 kg de MS/kg de ganho e 153 g de ganho/kg de MS. A classe ineficiente apresentou maior CA e menor EAB, com valores de 7,40 kg de MS/kg de ganho e 138 g de ganho/kg de MS. A eficiência parcial de crescimento (EPC) diferiu entre as classes de eficiência e apresentou valores médios de 294; 277 e 255 g de ganho/kg de MS para crescimento nas classes eficiente, intermediária e ineficiente. O CAR apresentou correlação moderada a alta com CA, EAB e EPC, e a diminuição do CAR levou à redução da CA em 12,2%, e aumento da EAB e da EPC em 13,3% e 15,5%. Tourinhos Purunã eficientes para CAR consomem menos alimento, mas mantêm o mesmo nível de produção que os ineficientes.

Palavras-chave: consumo de matéria seca, conversão alimentar, eficiência parcial de crescimento, ganho médio diário

CHAPTER I – PERFORMANCE AND FEED EFFICIENCY OF PURUNÃ GROWING BULLS OF THREE GROUPS OF RESIDUAL FEED INTAKE

ABSTRACT

Residual feed intake (RFI) is a feed efficiency trait that allows the identification of animals with lower feed intake than predicted from average daily gain (ADG) and mean metabolic weight (MMW). The improvement of efficiency for RFI can affect other feed efficiency traits that are measured in cattle. This trial aimed to evaluate the performance, feed intake and feed efficiency traits of growing bulls of three RFI groups: efficient, intermediary and inefficient. There were used 110 Purunã growing bulls with average of 10 months of age at the beginning of trial. Animals were randomly allocated in individual feedlot pens and fed *ad libitum* for 112 days. The diet was composed by 580 g/kg of corn silage and 420 g/kg of concentrate, and contained 130 g/kg of crude protein (CP) and 767 g/kg of total digestible nutrients (TDN) on dry matter (DM) basis. Dry matter intake (DMI) was measured daily and ADG was measured every 28 days. Initial and final body weight (BW) and ADG did not differed between the efficiency groups and showed mean values of 233 kg, 360 kg and 1.14 kg/d. Mean values of 7.19, 7.62 and 8.10 kg/d to DMI and -0.48, -0.01 and 0.48 kg DM/d to RFI were observed in efficient, intermediary and inefficient groups. Feed conversion ratio (FCR) and gross feed efficiency (GFE) did not differed between efficient and intermediary groups, which showed average of 6.65 kg DM/kg gain and 153 g gain/kg DM. Inefficient group showed higher FCR and lower GFE, with mean values of 7.40 kg DM/kg gain and 138 g gain/kg DM. Partial efficiency of growth (PEG) differed between the efficiency groups and showed means of 294, 277 and 255 g gain/kg DM for growth in efficient, intermediary and inefficient groups. RFI showed moderate to high correlations with FCR, GFE and PEG, and reduction of RFI resulted in decrease of FCR in 12.2%, increase of GFE in 13.3% and increase of PEG in 15.5%. Efficient Purunã growing bulls (low RFI) present lower feed intake, but keep the same production level that inefficient ones (high RFI).

Keywords: average daily gain, dry matter intake, feed conversion ratio, partial efficiency of growth

1. INTRODUÇÃO

O consumo alimentar residual (CAR) é uma característica de eficiência alimentar que tem sido mensurada em bovinos, ovinos e suínos. Essa característica é definida como a diferença entre o consumo de alimento observado e o estimado em função do peso médio metabólico (PMM) e do ganho médio diário (GMD), ambos mensurados em intervalo de tempo pré-determinado (Koch et al., 1963). Assim, animais eficientes apresentam valores negativos para CAR, uma vez que consomem menos alimento que o estimado.

O CAR é fenotipicamente independente do PMM e do GMD, que são utilizados para estimar o consumo de alimento. A variação dessa característica entre indivíduos de um mesmo rebanho e/ou categoria está relacionada, principalmente, com os gastos energéticos envolvidos em processos fisiológicos (Castro Bulle et al., 2007). Com a diminuição da necessidade de ingestão de energia em animais eficientes, é possível manter o desempenho produtivo do rebanho com menor quantidade de alimento, o que pode reduzir os custos com a alimentação, aumentar a produtividade e, ainda, melhorar as condições ambientais pela redução da emissão de metano (Hegarty et al., 2007).

No Brasil, o CAR tem sido mensurado e utilizado em avaliações de eficiência alimentar de bovinos Nelore. Essas avaliações têm sido realizadas em tourinhos recém-desmamados (Lucila Sobrinho et al., 2011), novilhos castrados (Gomes et al., 2012) e em touros adultos submetidos a provas de desempenho (Santana et al., 2012). Nesses estudos não foram observadas diferenças no peso corporal (PC) médio e no GMD entre animais eficientes e ineficientes para CAR, mas os primeiros apresentaram menor consumo de alimento e, por consequência, maior eficiência produtiva.

Os rebanhos de bovinos de corte na região Sul são formados principalmente por animais de raças taurinas. Nessa condição, o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), utilizando raças com potencial para produção de carne existentes nesse Estado, desenvolveu o bovino composto Purunã. Desenvolvida e selecionada há 30 anos pelo IAPAR, os indivíduos que compõe esse grupo genético são formados por $\frac{1}{4}$ Angus, $\frac{1}{4}$ Caracu, $\frac{1}{4}$ Charolês e $\frac{1}{4}$ Canchim. Esses animais apresentam alto potencial de ganho de peso, precocidade na deposição de gordura de cobertura e alto rendimento de carcaça (Kuss et al., 2008). Diante da escassez de informações

sobre os bovinos Purunã, avaliações de desempenho e de eficiência alimentar fazem-se necessárias e contribuem para a melhoria dos índices zootécnicos e econômicos nos sistemas de produção que utilizam esses animais.

Nesse contexto, avaliou-se as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento, classificados como eficientes, intermediários e ineficientes para CAR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em 2011 e 2012 na Estação Experimental Fazenda Modelo (EEFM) do IAPAR, em Ponta Grossa-PR (25° 07' 01,16" Sul; 50° 04' 27,58" Oeste; 914 m). Este município está localizado no Segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais, onde o clima é caracterizado como subtropical úmido (mesotérmico) do tipo Cfb conforme a classificação climática de Köppen. O período experimental se estendeu de Abril a Agosto nos dois anos de avaliação.

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias (CEUA-SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), conforme certificado no protocolo nº 041/2010 emitido por esta instituição.

Foram avaliados 110 tourinhos Purunã, filhos de 66 touros e 105 vacas utilizadas em cruzamentos para a obtenção de animais puros desse grupo genético, todos provenientes da EEFM do IAPAR. Em 2011 e 2012 foram avaliados 60 e 50 animais, respectivamente (TABELA 1).

TABELA 1 - ÉPOCA DE NASCIMENTO, GRUPOS DE CONTEMPORÂNEOS (GC) E NÚMERO DE TOUROS E VACAS UTILIZADOS NOS CRUZAMENTOS PARA A OBTENÇÃO DOS TOURINHOS PURUNÃ AVALIADOS NO EXPERIMENTO

ANO	ANIMAIS (n)	ÉPOCA DE NASCIMENTO	GC ^I	TOUROS		VACAS	
				Número	Progênes ^{II}	Número	Progênes ^{II}
2011	60	Maio a Setembro de 2010	5	36	25,0 ± 17,8	60	2,9 ± 1,4
2012	50	Abril a Setembro de 2011	6	39	25,4 ± 25,7	50	3,2 ± 1,9
Geral ^{III}	110	-	11	66	25,2 ± 21,8	105	3,0 ± 1,6

^I Formados pelos bezerros nascidos em cada mês da época de nascimento

^{II} Média e desvio padrão (M ± DP) de progênes obtidas por touro desde o ano de 1998 e por vaca desde o ano de 2001 na Estação Experimental Fazenda Modelo (EEFM) do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Ponta Grossa, Paraná

^{III} Soma de animais e de GC, número total de touros e vacas utilizados nos cruzamentos, média e desvio padrão (M ± DP) de progênes por touro e por vaca nos dois anos de avaliação

FONTE: o autor (2014)

O manejo pré-experimental foi padronizado nos dois anos de avaliação, em que os tourinhos foram desmamados com 8 meses de idade e 202 kg de PC, em média (TABELA 2). Após o desmame, os animais permaneceram em pastagem de hemártria (*Hemarthria altissima* cv. Florida) com suplementação concentrada até o início do período de adaptação ao confinamento. O suplemento concentrado foi ofertado a 0,6% do PC em matéria seca (MS)/animal/dia.

TABELA 2 - MÉDIAS E DESVIO PADRÃO (M ± DP) PARA PESO AO NASCIMENTO E PARA IDADE E PESO DOS TOURINHOS PURUNÃ AO DESMAME, NO INÍCIO E NO FINAL DO EXPERIMENTO NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

ANO	PERÍODO	IDADE (MESES)	PESO CORPORAL (kg)
2011	Nascimento	-	37,7 ± 6,4
	Desmame	8 ± 0,9	190,4 ± 32,5
	Início do experimento	10 ± 0,9	213,4 ± 31,3
	Final do experimento	14 ± 0,9	346,5 ± 40,8
2012	Nascimento	-	37,9 ± 5,9
	Desmame	8 ± 1,1	215,5 ± 33,8
	Início do experimento	11 ± 1,3	256,5 ± 42,3
	Final do experimento	15 ± 1,3	376,6 ± 58,9
Geral ^I	Nascimento	-	37,8 ± 6,2
	Desmame	8 ± 1,0	201,7 ± 35,3
	Início do experimento	10 ± 1,2	233,0 ± 42,4
	Final do experimento	14 ± 1,2	360,1 ± 51,9

^IMédia obtida a partir dos dois anos de avaliação

FONTE: o autor (2014)

O período de adaptação ao confinamento teve início 60 dias após o desmame, quando os tourinhos apresentavam 10 meses de idade e 233 kg de PC, em média (TABELA 2). Esses animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais em confinamento coberto, e o período de adaptação às instalações, ao manejo e à dieta experimental foi de 14 dias.

Nos dois anos de avaliação foram utilizadas três instalações experimentais com capacidade para 36; 24 e 42 animais, que corresponderam às instalações 1, 2 e 3, respectivamente (TABELA 3). As três instalações apresentavam piso de concreto, baias individuais com dimensões próximas de 2 x 4 m (8 m²), cochos de madeira e bebedouros de alvenaria (FIGURA 1).

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS TOURINHOS PURUNÃ NAS INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA MODELO (EEFM) DO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), EM PONTA GROSSA, PARANÁ, NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

ANO	INSTALAÇÃO	CAPACIDADE (Nº DE ANIMAIS)	ANIMAIS AVALIADOS (N)
2011	1	36	35
	3	42	25
2012	2	24	16
	3	42	34
TOTAL	-	-	110

FONTE: o autor (2014)



FIGURA 1 - CONFINAMENTO COBERTO, COM PISO DE CONCRETO E BAIAS INDIVIDUAIS COM COCHOS DE MADEIRA NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA MODELO (EEFM) DO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), EM PONTA GROSSA, PARANÁ

FONTE: o autor (2014)

A dieta, em base de MS, foi composta por 580 g/kg de silagem de milho e 420 g/kg de concentrado (TABELA 4). Os animais foram alimentados à vontade e receberam a dieta na forma de ração total misturada (RTM), fracionada em duas ofertas diárias (10 e 15h). O ajuste da quantidade de alimento fornecido foi realizado diariamente para cada animal, mantendo-se as sobras diárias entre 10 e 15% da quantidade ofertada.

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO (EM BASE DE MATÉRIA SECA – MS) DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

INGREDIENTE	INCLUSÃO NA RTM	
	% da MS	g/kg de MS
Silagem de milho	58,0	580,0
Milho grão moído ¹	27,3	273,0
Soja grão integral ²	7,6	76,0
Soja farelo ³	6,3	63,0
Minerais ⁴	0,8	8,0

¹Moagem fina de 2 a 3 mm; ²Grão inteiro e não tostado; ³Moída com peneira de 5 mm; ⁴Sem ureia e sem ionóforos

FONTE: o autor (2014)

A partir do início do período experimental, amostragens da silagem foram realizadas diariamente e do concentrado a cada 14 dias para monitorar o teor de MS e ajustar a quantidade de alimento fornecido aos animais. As amostras de silagem foram congeladas logo após a coleta para preservar o teor de umidade e as características qualitativas do alimento. Ao final de cada semana, as amostras foram descongeladas e formou-se uma amostra composta de silagem. Essas amostras foram homogeneizadas e subamostradas (frações de aproximadamente 350 g). As subamostras de silagem e as amostras de concentrado foram pesadas (peso úmido, PU) e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas (peso seco, PS) e o teor de MS dos alimentos foi calculado ($TMS = (PS/PU) \cdot 100$). As amostras secas foram armazenadas em local seco e devidamente higienizado para preservar a qualidade do material coletado.

Amostras compostas da silagem e do concentrado foram formadas a partir das amostras secas utilizadas para determinar o teor de MS destes alimentos. As amostras coletadas em um período de 28 dias (duas amostras de concentrado e quatro amostras de silagem) formaram uma amostra composta de cada alimento. Formaram-se quatro amostras compostas que representaram os períodos de 0-28,

29-56, 57-84 e 85-112 dias, e que foram submetidas a análises bromatológicas ao final de cada ano de avaliação (TABELA 5).

TABELA 5 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO CONCENTRADO (CONC), DA SILAGEM DE MILHO (SM) E DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

COMPOSIÇÃO ¹	2011			2012		
	CONC	SM	RTM	CONC	SM	RTM
MS (g/kg MN)	880,2	286,2	400,5	888,9	281,6	398,7
PB (g/kg MS)	193,4	73,1	124,0	203,5	83,5	135,1
EE (g/kg MS)	81,8	21,0	46,7	74,0	33,0	50,6
NIDN (g/kg MS)	1,6	2,1	1,9	3,1	3,0	3,0
NIDA (g/kg MS)	0,6	1,3	1,0	0,7	1,0	0,9
PIDN (g/kg MS)	9,7	13,0	11,6	19,5	18,5	18,9
PIDA (g/kg MS)	3,6	8,0	6,1	4,6	6,0	5,4
FDNp (g/kg MS)	84,5	549,0	352,5	75,1	516,1	326,5
FDAp (g/kg MS)	75,6	327,2	220,8	30,5	291,1	179,0
LIG (g/kg MS)	9,1	26,0	18,9	2,5	38,6	23,1
RM (g/kg MS)	45,5	30,2	36,7	44,5	41,7	42,9
Ca (g/kg MS)	5,1	2,4	3,5	4,3	3,2	3,7
P (g/kg MS)	5,1	2,1	3,4	5,8	2,2	3,7
NDT (g/kg MS)	910,6	660,7	766,4	915,3	653,2	765,9
EM (Mcal/kg MS)	3,35	2,34	2,77	3,38	2,33	2,78

¹MS: matéria seca; MN: matéria natural; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; FDNp: fibra em detergente neutro corrigida para proteína; FDAp: fibra em detergente ácido corrigida para proteína; LIG: lignina; RM: resíduo mineral; Ca: cálcio; P: fósforo; NDT: nutrientes digestíveis totais; EM: energia metabolizável

FONTE: o autor (2014)

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da UFPR, onde foram determinados os teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), lignina (LIG), resíduo mineral (RM), cálcio (Ca) e fósforo (P) de acordo com os procedimentos da AOAC (1990); e os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA) conforme descrito por Van Soest et al. (1991). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram calculados multiplicando-se os teores de NIDN e NIDA por 6,25, respectivamente. Os teores de FDN e FDA foram corrigidos para proteína a partir dos teores de PIDN e PIDA. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia metabolizável (EM) foram calculados pelas equações propostas por Weiss et al. (1992).

As fontes de minerais adicionadas na RTM foram Allfós 60[®] e Fosbovi 30[®] em 2011 e 2012, respectivamente (TABELA 6). O primeiro é um suplemento mineral pronto para uso e o segundo é um núcleo mineral indicado para a fabricação de suplementos minerais e rações, ambos recomendados para bovinos de corte em crescimento. Apesar de apresentarem características distintas, as duas fontes de minerais complementaram os macro e microminerais que estavam em déficit na RTM, suprimindo integralmente as exigências dos animais por esses nutrientes (NRC, 2000).

TABELA 6 - COMPOSIÇÃO DAS FONTES DE MINERAIS E TEORES DE MACROMINERAIS E MICROMINERAIS FORNECIDOS PELAS FONTES DE MINERAIS ADICIONADAS NA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

MINERAL	2011		2012	
	ALLFÓS 60 [®]	RTM	FOSBOVI 30 [®]	RTM
MACROMINERAIS				
Cálcio (g/kg)	149,0	1,19	181,0	1,45
Fósforo (g/kg)	60,0	0,48	130,0	1,04
Magnésio (g/kg)	12,0	0,10	-	-
Sódio (g/kg)	150,0	1,20	-	-
Enxofre (g/kg)	12,0	0,10	9,4	0,08
MICROMINERAIS				
Cobalto (mg/kg)	170,0	1,36	100,0	0,80
Cobre (mg/kg)	1.380,0	11,04	1.250,0	10,00
Ferro (mg/kg)	1.610,0	12,88	2.200,0	17,60
Iodo (mg/kg)	130,0	1,04	90,0	0,72
Manganês (mg/kg)	1.100,0	8,80	2.000,0	16,00
Selênio (mg/kg)	17,0	0,14	15,0	0,12
Zinco (mg/kg)	4.340,0	34,72	5.270,0	42,16

FONTE: o autor (2014)

O período experimental teve início ao final do período de adaptação, com a mensuração do consumo de alimento e do desempenho individual dos animais, que compreendeu 112 dias. Os animais iniciaram o experimento devidamente vacinados e foram vermifugados nos dias experimentais 0 e 84. Utilizou-se o princípio ativo Ivermectina a 3,15% (formulação tixotrópica, dosagem de 1 mL/50 kg de PC) para controle de endo e ectoparasitas.

2.2. AVALIAÇÕES DE CONSUMO, DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR

O consumo diário de matéria seca (CMS) foi calculado pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e a quantidade de sobras. Estas foram coletadas, pesadas e amostradas (alíquotas que representavam cerca de 10% do peso) diariamente. As amostras de sobras de cada animal foram congeladas logo após a coleta para preservar o teor de umidade e as características qualitativas do material amostrado. Ao final de cada semana, as amostras foram descongeladas e formou-se uma amostra composta das sobras de cada animal. Essas amostras foram homogeneizadas e subamostradas (frações de aproximadamente 350 g), sendo as subamostras pesadas (PU) e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, as subamostras foram novamente pesadas (PS) e o teor de MS das sobras foi calculado (TMS). O teor médio de MS das sobras, calculado a partir do teor de MS das subamostras obtidas durante o período experimental, foi utilizado para corrigir o consumo de MS de cada animal.

As pesagens dos animais foram realizadas a cada 28 dias, após jejum alimentar de 16 horas. O ganho médio diário (GMD) foi calculado por regressão linear do PC em função do dia experimental nas datas de pesagem (0, 28, 56, 84 e 112). O modelo da equação de regressão correspondeu a:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X$$

onde Y_i = peso corporal (kg) no dia experimental i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = ganho médio diário (kg/dia); X = dia experimental. O coeficiente de determinação médio (R^2) das equações de regressão correspondeu a 0,98, indicando que os tourinhos apresentaram padrão de crescimento normal nos dois anos de avaliação.

A partir do CMS, GMD e do PC médio individual dos animais nos dois anos de avaliação foram calculadas as medidas de consumo e eficiência alimentar, cujos métodos e unidades são apresentados nas TABELA 7 e TABELA 8.

TABELA 7 - MÉTODO DE CÁLCULO E UNIDADE DAS MEDIDAS DE CONSUMO ALIMENTAR OBTIDAS A PARTIR DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS), GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) E PESO CORPORAL (PC) MÉDIO DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

MEDIDA ¹	CÁLCULO	UNIDADE
CMS _{PC}	Razão entre CMS (kg/dia) e PC médio (kg)	% PC/dia
CMS _{PM}	Razão entre CMS (kg/dia) e peso médio metabólico (PMM = PC médio ^{0,75})	% PM/dia
CMS _{MANT}	Razão entre a necessidade de energia diária para manutenção (E _M , Mcal/dia), calculada pela equação proposta por Lofgreen e Garrett (1968), e o teor de energia líquida para manutenção da dieta (EL _M , Mcal/kg MS), estimada de acordo com Zinn e Shen (1998)	kg/dia
CMS _{GANHO}	Diferença entre CMS e CMS _{MANT}	kg/dia
CMS _{EST}	Calculado pela equação obtida a partir da regressão do CMS (kg/dia) em função do GMD (kg/dia) e do PMM (kg), conforme proposto por Koch et al. (1963)	kg/dia

¹CMS_{PC}: consumo de matéria seca (MS) em relação ao PC; CMS_{PM}: consumo de MS em relação peso metabólico (PM); CMS_{MANT}: consumo de MS estimado para manutenção; CMS_{GANHO}: consumo de MS estimado para crescimento; CMS_{EST}: consumo de MS estimado com base no GMD e no PMM
 FONTE: o autor (2014)

TABELA 8 - MÉTODO DE CÁLCULO E UNIDADE DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR OBTIDAS A PARTIR DAS MEDIDAS DE CONSUMO ALIMENTAR E DESEMPENHO DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

MEDIDA ¹	CÁLCULO	UNIDADE
CA	Razão entre CMS (kg/dia) e GMD (kg/dia)	kg de MS/kg de ganho
EAB	Razão entre GMD (g/dia) e CMS (kg/dia)	g de ganho/kg de MS
EMant	Razão entre GMD (g/dia) e CMS _{MANT} (kg/dia)	g de ganho/kg de MS para manutenção
EPC	Razão entre GMD (g/dia) e CMS _{GANHO} (kg/dia)	g de ganho/kg de MS para crescimento
TCR	Calculada pela fórmula $TCR = 100 * (\log PF - \log PI) / PE$, onde PF = peso corporal final (kg), PI = peso corporal inicial (kg) e PE = período experimental (dias), conforme proposto por Fitzhugh Junior e Taylor (1971)	%/dia
TK	Razão entre GMD (kg/dia) e PMM (kg) conforme proposto por Kleiber (1947)	kg de ganho/kg de PM
CAR	Diferença entre CMS (kg/dia) e CMS _{EST} (kg/dia) conforme proposto por Koch et al. (1963)	kg de MS/dia

¹CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual
 FONTE: o autor (2014)

A equação de predição de consumo de MS (CMS_{EST}) (TABELA 7) foi gerada pelo PROC GLM no programa *Statistical Analysis System*, versão 9.0 (SAS, 2002). O modelo obtido foi:

$$CMS_{ESTi} = \beta_0 + \beta_1PMM_i + \beta_2GMD_i$$

onde CMS_{ESTi} = CMS_{EST} (kg/dia) para o animal i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = coeficiente parcial da regressão para peso médio metabólico (PMM); PMM_i = PMM (kg) do animal i ; β_2 = coeficiente parcial da regressão para GMD; GMD_i = GMD (kg/dia) do animal i .

Como o conjunto de dados utilizado neste estudo foi obtido em dois anos distintos (2011 e 2012) e de animais mantidos em três instalações diferentes durante o período experimental, os efeitos fixos de ano e de instalação foram considerados na obtenção da equação de CMS_{EST} . Apenas o efeito de ano foi significativo ($P < 0,05$) no modelo obtido e, portanto, o CMS_{EST} foi calculado para cada animal pela equação:

$$CMS_{EST} = -1,105 + FAI_{ANO} + 0,091*PMM + 1,853*GMD \quad R^2 = 0,87$$

onde FAI_{ANO} corresponde ao fator de ajuste do intercepto para ano de avaliação, sendo $FAI_{2011} = +0,286$ e $FAI_{2012} = 0,000$.

Devido à baixa variação observada entre CMS e CMS_{EST} nos dois anos de avaliação, optou-se por dividir os animais em três classes de eficiência, cujos limites são $\pm 75\%$ do desvio padrão (DP) registrado para CAR. Assim, os animais foram classificados como eficientes ($CAR < -0,75*DP_{CAR}$), intermediários ($-0,75*DP_{CAR} < CAR < +0,75*DP_{CAR}$) e ineficientes ($CAR > +0,75*DP_{CAR}$).

2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Modelo Linear Geral (PROC GLM) em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que corresponderam às três classes de CAR. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} = valor da variável resposta da j -ésima observação na i -ésima classe; μ = valor médio da variável resposta independente do efeito de classe (constante); C_i = efeito da i -ésima classe; ε_{ij} = erro aleatório da j -ésima observação na i -ésima classe. As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) entre as classes foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Análise de correlação de Pearson (PROC CORR) foi realizada entre CAR e as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar, utilizando-se a opção *partial* para ajustar os coeficientes de correlação aos efeitos fixos de ano e de instalação experimental. Nessa análise foi adotado o nível de significância de 10%.

As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de animais em cada classe de eficiência correspondeu a 25, 59 e 26 nas classes eficiente (CAR baixo), intermediária (CAR médio) e ineficiente (CAR alto), respectivamente (TABELA 9). Essa desigualdade no número de animais em cada classe está relacionada com o critério de classificação utilizado neste estudo, que foi $\pm 75\%$ do DP registrado para o CAR. Na maioria dos estudos em que o CAR é utilizado como critério de classificação de bovinos eficientes, intermediários e ineficientes, o limite das classes é $\pm 50\%$ do DP do CAR (Basarab et al., 2003; Lucila Sobrinho et al., 2011; Santana et al., 2012). Nessa condição, o número de animais distribuídos em cada classe é uniforme, com frequência relativa próxima de 33% dos animais avaliados em cada classe.

TABELA 9 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

CARACTERÍSTICA ¹	CLASSE DE EFICIÊNCIA			P
	EFICIENTE (CAR BAIXO)	INTERMEDIÁRIA (CAR MÉDIO)	INEFICIENTE (CAR ALTO)	
Número de animais (n)	25	59	26	-
Peso corporal inicial (kg)	238,1 ± 8,5	230,6 ± 5,6	233,7 ± 8,4	0,7605
Peso corporal final (kg)	363,4 ± 10,5	358,9 ± 6,8	359,7 ± 10,3	0,9362
Peso corporal médio (kg)	300,7 ± 9,2	294,8 ± 6,0	296,7 ± 9,0	0,8663
PMM (kg)	72,0 ± 1,7	71,0 ± 1,1	71,3 ± 1,6	0,8732
GMD (kg/dia)	1,12 ± 0,04	1,15 ± 0,03	1,12 ± 0,04	0,8415
CMS (kg/dia)	7,19 ± 0,20 b	7,62 ± 0,13 ab	8,10 ± 0,19 a	0,0066
CMS _{PC} (% PC/dia)	2,41 ± 0,04 c	2,60 ± 0,03 b	2,74 ± 0,04 a	<0,0001
CMS _{PM} (% PM/dia)	9,98 ± 0,14 c	10,74 ± 0,09 b	11,35 ± 0,14 a	<0,0001
CMS _{MANT} (kg/dia)	3,34 ± 0,06 b	3,46 ± 0,04 b	3,67 ± 0,06 a	0,0010
CMS _{GANHO} (kg/dia)	3,86 ± 0,17 b	4,16 ± 0,11 ab	4,42 ± 0,17 a	0,0631
CMS _{EST} (kg/dia)	7,68 ± 0,19	7,63 ± 0,13	7,62 ± 0,19	0,9718
CAR (kg MS/dia)	-0,48 ± 0,04 c	-0,01 ± 0,02 b	0,48 ± 0,04 a	<0,0001
CA (kg MS/kg ganho)	6,50 ± 0,21 b	6,80 ± 0,14 b	7,40 ± 0,21 a	0,0096
EAB (g ganho/kg MS)	156,2 ± 3,9 a	150,1 ± 2,6 a	137,9 ± 3,9 b	0,0040
EMant (g ganho/kg MS para manutenção)	338,0 ± 14,1	334,8 ± 9,2	308,3 ± 13,9	0,2240
EPC (g ganho/kg MS para crescimento)	294,1 ± 4,8 a	277,0 ± 3,1 b	254,5 ± 4,7 c	<0,0001
Taxa de crescimento relativo (%/dia)	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,17 ± 0,01	0,6269
Taxa de Kleiber (kg ganho/kg PM)	0,016 ± 0,001	0,016 ± 0,000	0,016 ± 0,001	0,5907

¹PMM: peso médio metabólico; GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca (MS); CMS_{PC}: consumo de MS em relação ao peso corporal (PC); CMS_{PM}: consumo de MS em relação ao peso metabólico (PM); CMS_{MANT}: consumo de MS estimado para manutenção; CMS_{GANHO}: consumo de MS estimado para crescimento; CMS_{EST}: consumo de MS estimado com base no GMD e no PMM; CAR: consumo alimentar residual; CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento

Médias seguidas por letras minúsculas na mesma linha diferem pelo teste Tukey-Kramer (P<0,10)

FONTE: o autor (2014)

Dada a baixa variação entre CMS e CMS_{EST} na população de tourinhos Purunã avaliada, optou-se por um critério de classificação mais rigoroso, com o objetivo de identificar e isolar os animais eficientes e ineficientes para CAR em classes mais restritas, porém com características de eficiência alimentar bastante distintas. Por esse critério, registrou-se a frequência relativa de 22,7; 53,6 e 23,6% dos tourinhos nas classes eficiente, intermediária e ineficiente, respectivamente.

A frequência relativa registrada na classe eficiente (22,7%) está próxima da pressão de seleção máxima recomendada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em programas de melhoramento genético de bovinos de corte. Os projetos e/ou programas registrados no MAPA que visam a identificação e seleção de bovinos com alto mérito genético para características produtivas devem seguir as normas estabelecidas na Portaria SDR nº 22/95 publicada pelo MAPA,

entre elas: os animais submetidos as provas de desempenho devem apresentar idade inferior a 24 meses; a pressão de seleção máxima é 20%, podendo alcançar até 30% desde que haja justificativa técnica para o aumento do número de animais selecionados. Ao atender a essas e as demais normas regulamentadas na Portaria SDR nº 22/95, o produtor e/ou órgão responsável pelos animais com alto mérito genético comprovado recebem o Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP), o que viabiliza a comercialização desses animais como reprodutores por valores superiores aqueles praticados com animais não certificados. O protocolo experimental adotado neste estudo atendeu as exigências da Portaria SDR nº 22/95, uma vez que os tourinhos foram avaliados com idade entre 10 e 14 meses, e 22,7% desses animais foram classificados como eficientes para CAR com base no critério de estabelecimento das classes de eficiência adotado neste estudo.

Destaca-se que as estimativas de herdabilidade para CAR em bovinos de raças taurinas em fase de crescimento são moderadas e variam de 0,16 a 0,43 (Herd et al., 2003; Schenkel et al., 2004). Portanto, a variação genética para CAR em bovinos Purunã deve ocorrer e pode ser considerada na seleção de touros para reprodução, buscando melhorar a eficiência alimentar da progênie.

Assim, recomenda-se que o critério de estabelecimento das classes de eficiência de $\pm 75\%$ do DP do CAR seja utilizado quando a variação entre CMS e CMS_{EST} é baixa na população de animais avaliados; e/ou quando se objetiva realizar o melhoramento genético dos animais com base no CAR, buscando-se formar um grupo de animais eficientes para essa característica que possam receber o CEIP e, dessa forma, alcançar maior valor comercial como reprodutores.

O PC inicial, final e médio, o PMM e o GMD foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 9). Os valores médios dessas características corresponderam a 233; 360 e 297 kg para PC inicial, final e médio, 71,3 kg para PMM e 1,14 kg/dia para GMD. A semelhança dessas características entre as três classes era esperada, pois a classificação de animais com menor e maior eficiência alimentar com base no CAR não altera o PC, o PMM e o GMD (Herd e Arthur, 2009). Isso é confirmado pela ausência de correlação entre CAR e PC inicial, final e médio, PMM e GMD (TABELA 10).

TABELA 10 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CONSUMO ALIMENTAR, E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ^I	CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR ^{II}						
	CA	EAB	EMant	EPC	TCR	TK	CAR
PC inicial	0,26**	-0,31**	-0,06	-0,68***	-0,41***	-0,24*	0,00
PC final	-0,16 [†]	0,12	0,41***	-0,48***	0,05	0,24*	0,00
PC médio	0,02	-0,06	0,22*	-0,58***	-0,15	0,04	0,00
PMM	0,02	-0,06	0,22*	-0,59***	-0,15	0,04	0,00
GMD	-0,71***	0,71***	0,91***	0,04	0,72***	0,83***	0,00
CMS	-0,12	0,08	0,42***	-0,61***	0,17 [†]	0,35**	0,37***

^I PC: peso corporal; PMM: peso médio metabólico; GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca

^{II} CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

O CMS foi menor na classe eficiente (7,19 kg/dia) e maior na classe ineficiente (8,10 kg/dia), enquanto a classe intermediária foi semelhante às demais (7,62 kg/dia) (TABELA 9). O CMS_{EST} não diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 9) e apresentou média de 7,64 kg/dia. A equação obtida pela relação entre CMS e CMS_{EST} apresentou R² = 0,87 (FIGURA 2), e indicou que as variáveis incluídas no modelo de predição de consumo de MS explicam 87% da variação observada entre CMS e CMS_{EST} para os tourinhos avaliados. O PMM, o GMD e o FAI_{ANO} explicam respectivamente 67,7; 18,1 e 1,2% dessa variação, enquanto os 13% restantes são explicados por outros fatores biológicos que não foram incluídos no modelo.

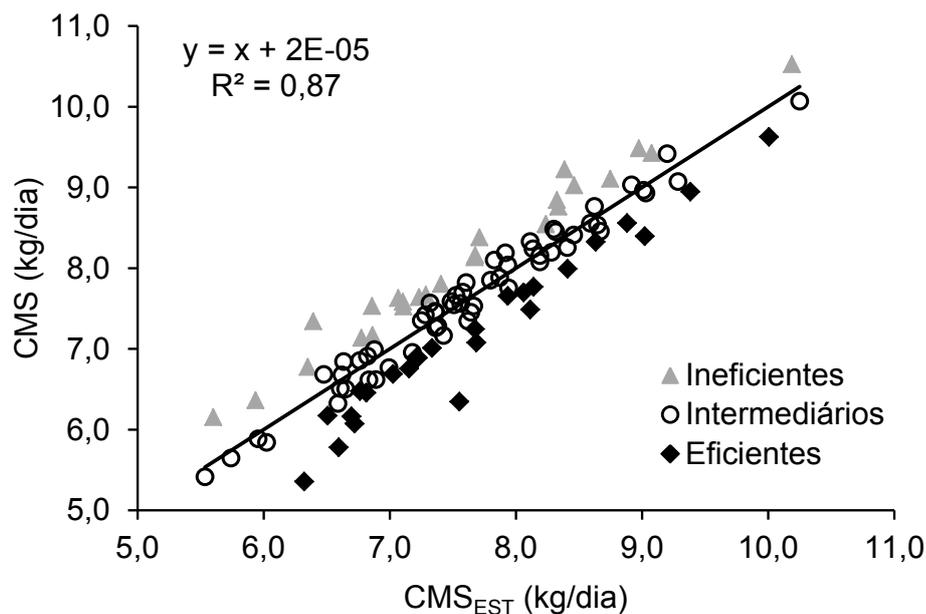


FIGURA 2 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS) E CONSUMO DE MATÉRIA SECA ESTIMADO (CMS_{EST}) PARA TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

FONTE: o autor (2014)

A variação entre CMS e o CMS_{EST} registrada para cada animal corresponde à distância vertical de cada ponto de CMS até a linha de regressão (FIGURA 2), que, por definição, é o CAR. A média e o DP dessa característica foi $0,00 \pm 0,37$ kg de MS/dia. Essa variação foi inferior à relatada por Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2004), que trabalharam com novilhos mestiços de raças taurinas, e por Lancaster et al. (2009), que avaliaram tourinhos da raça Angus. Os valores de DP para CAR observados nesses estudos foram $\pm 0,66$; $\pm 0,83$ e $\pm 0,78$ kg de MS/dia, respectivamente. A baixa variação do CAR no presente estudo é explicada pela baixa variabilidade individual do CMS observada na população de tourinhos Purunã utilizada nos dois anos de avaliação.

O CAR apresentou valor mínimo de $-1,21$ kg de MS/dia e máximo de $0,95$ kg de MS/dia (FIGURA 3), o que representa uma diferença de $2,16$ kg de MS/dia entre o animal mais e o menos eficiente. Basarab et al. (2003), Nkrumah et al. (2004) e Lancaster et al. (2009) observaram maiores amplitudes de variação para CAR, com valores de $3,77$; $4,86$ e $5,04$ kg de MS/dia, respectivamente. Além do PMM e do GMD, outros fatores influenciam o consumo de alimento e, por consequência, o CAR, como a capacidade de digestão do alimento e de absorção dos nutrientes, o incremento calórico associado com a alimentação, a composição corporal, os

processos metabólicos que ocorrem a nível tecidual (visceral, muscular e adiposo) e a intensidade de atividade física (Herd e Arthur, 2009).

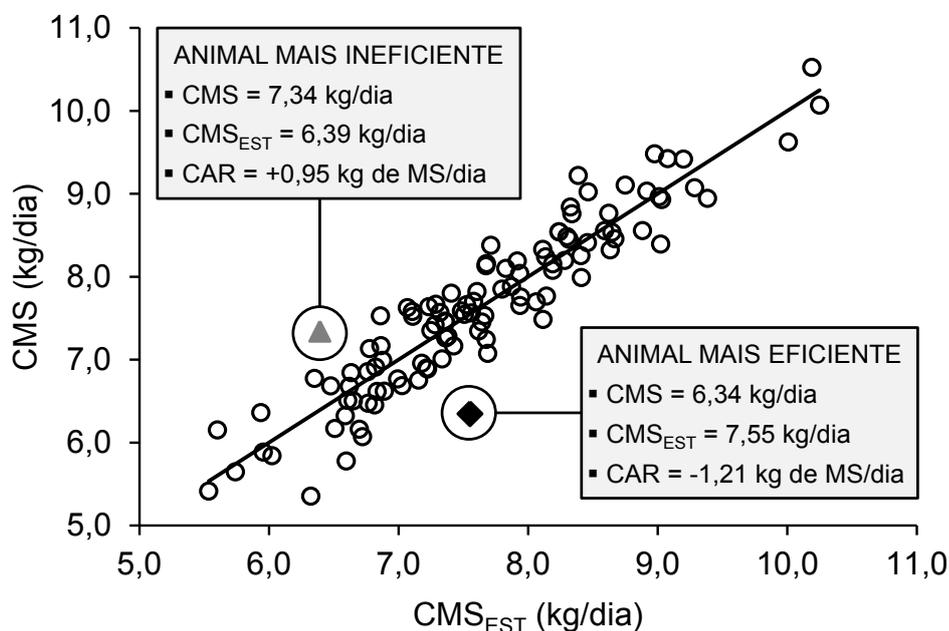


FIGURA 3 - CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS), CONSUMO DE MATÉRIA SECA ESTIMADO (CMS_{EST}) E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DO ANIMAL MAIS EFICIENTE E DO ANIMAL MAIS INEFICIENTE PARA CAR NA POPULAÇÃO DE TOURINHOS PURUNÃ AVALIADA

FONTE: o autor (2014)

A composição corporal pode ser um potencial fator de influência no CAR em animais do grupo genético Purunã, pois estes são formados por cruzamentos entre raças que apresentam características de crescimento distintas, principalmente na composição do ganho de peso. Entre elas, destacam-se as raças Charolês e Canchim, com alto potencial de ganho de peso e de desenvolvimento muscular (Kuss et al., 2008), e a raça Angus, com precocidade na deposição de gordura na carcaça (Goulart et al., 2008). A composição corporal de tourinhos Purunã com eficiência alimentar divergente para CAR pode ser alterada de duas formas: pelo aumento do desenvolvimento muscular em tourinhos eficientes, o que é observado em bovinos com baixo CAR (Richardson et al., 2001); e pela maior deposição de gordura na carcaça de tourinhos ineficientes, uma vez que a espessura de gordura de cobertura ou subcutânea é positivamente correlacionada com o CAR em bovinos (Nkrumah et al., 2004; Lancaster et al., 2009).

O valor médio de CAR nas classes eficiente, intermediária e ineficiente foi -0,48; -0,01 e 0,48 kg de MS/dia, respectivamente (TABELA 9). A diferença entre o

valor médio de CAR das classes eficiente e ineficiente indicou que os tourinhos eficientes consumiram, em média, 0,96 kg de MS/dia a menos que os ineficientes. Considerando o teor médio de MS do concentrado (884,6 g/kg de MN) e da silagem de milho (283,9 g/kg de MN) ofertados nos dois anos de avaliação (TABELA 5), e a relação volumoso:concentrado da dieta (58:42), a diferença no consumo de MS entre tourinhos eficientes e ineficientes correspondeu, em base de MN, a 0,46 kg/dia de concentrado e 1,96 kg/dia de silagem de milho, totalizando 2,42 kg/dia da RTM. Assim, o consumo de alimento por animal na classe eficiente foi 271 kg inferior à classe ineficiente no período experimental, o que evidencia o impacto positivo dos animais de CAR negativo na redução dos custos com alimentação.

O CMS_{PC} e o CMS_{PM} apresentaram valores médios de 2,59% do PC/dia e 10,71% do PM/dia, e diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 9). Como o PC médio e o PMM foram semelhantes entre as classes, as medidas de consumo de MS expressas em relação ao PC e ao PM acompanharam a variação do CMS entre as classes de eficiência. Assim, os valores de CMS_{PC} foram 2,41; 2,60 e 2,74% do PC/dia, e de CMS_{PM} foram 9,98; 10,74 e 11,35% do PM/dia para os tourinhos eficientes, intermediários e ineficientes, respectivamente.

Valores médios de 3,48 e 4,15 kg/dia foram registrados para CMS_{MANT} e CMS_{GANHO} , e ambos diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 9). O CMS_{MANT} foi maior na classe ineficiente (3,67 kg/dia) e menor nas classes intermediária e eficiente, que foram semelhantes entre si (média de 3,40 kg/dia). O CMS_{GANHO} foi maior na classe ineficiente (4,42 kg/dia) e menor na classe eficiente (3,86 kg/dia), enquanto o CMS_{GANHO} na classe intermediária (4,16 kg/dia) foi semelhante às demais classes.

O consumo de MS para atender as necessidades de manutenção e de crescimento em tourinhos ineficientes foram superiores em 0,33 e 0,56 kg/dia aos tourinhos eficientes. Essas diferenças podem estar relacionadas com os processos metabólicos, entre eles o *turnover* proteico que ocorre nos músculos. Animais com baixas taxas de *turnover* proteico no tecido muscular têm menores necessidades de ingestão de energia para manutenção, o que parece ocorrer em bovinos eficientes para CAR (Richardson et al., 2001; Castro Bulle et al., 2007). Provavelmente, tourinhos Purunã eficientes despenderam menos energia em processos metabólicos, o que levou a menor necessidade de consumo de MS para manutenção e crescimento.

A CA e a EAB diferiram entre as classes de eficiência e foram influenciadas pelo CMS (TABELA 9). A CA foi semelhante entre as classes eficiente e intermediária (média de 6,65 kg de MS/kg de ganho), que foram inferiores à classe ineficiente (7,40 kg de MS/kg de ganho). Já a EAB apresentou resultado inverso ao da CA, com valores inferiores na classe ineficiente (138 g de ganho/kg de MS) e superiores nas classes eficiente e intermediária, que não diferiram entre si e apresentaram média de 153 g de ganho/kg de MS. Dessa forma, tourinhos das classes eficiente e intermediária consumiram 0,75 kg de MS/kg de ganho a menos que os da classe ineficiente, o que correspondeu ao aumento de 15 g de ganho/kg de MS na EAB dos primeiros.

A EMant foi semelhante entre as classes de eficiência (TABELA 9) e apresentou média de 329 g de ganho/kg de MS para manutenção. Já a EPC diferiu entre as classes, com valores médios de 294; 277 e 255 g de ganho/kg de MS para crescimento nas classes eficiente, intermediária e ineficiente (TABELA 9). Essas medidas de eficiência estabelecem a relação entre GMD e o consumo de MS para atender as necessidades de manutenção (CMS_{MANT}) e de crescimento (CMS_{GANHO}). Apesar do CMS_{MANT} ter sido maior na classe ineficiente, a relação entre GMD e essa variável de consumo foi equivalente nas três classes de eficiência, determinando valores semelhantes de EMant entre as mesmas. Por outro lado, a EPC mostrou-se inversamente proporcional ao aumento de CMS_{GANHO} da classe eficiente para a ineficiente. Assim, tourinhos eficientes têm EMant semelhante e EPC superior em 17 e 40 g de ganho/kg de MS para crescimento aos intermediários e ineficientes para CAR, respectivamente.

As taxas de crescimento relativo (TCR) e de Kleiber (TK) foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 9) e apresentaram valores médios de 0,17 %/dia e 0,016 kg de ganho/kg de PM, respectivamente. Essas medidas de eficiência são dependentes do PC inicial e final, do PMM e do GMD, pois são calculadas a partir dessas características. A TCR e a TK apresentaram correlação baixa a moderada com PC inicial ($r = -0,24$ a $r = -0,41$) e correlação alta com GMD ($r = 0,72$ a $r = 0,83$) (TABELA 10). Como essas características não diferiram entre as classes de eficiência, a TCR e a TK apresentaram valores equivalentes entre as mesmas. Nkrumah et al. (2004) observaram resultados semelhantes para essas medidas de eficiência em novilhos mestiços de raças taurinas classificados como eficientes, intermediários e ineficientes para CAR.

A análise de correlação entre as medidas de eficiência alimentar (TABELA 11) mostrou que houve correlação significativa entre CAR e CA ($r = 0,38$), EAB ($r = -0,41$) e EPC ($r = -0,65$). As correlações entre essas características foram moderadas (CA e EAB) a altas (EPC), e indicam que a diminuição do CAR leva à redução da CA e ao aumento da EAB e da EPC.

TABELA 11 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ¹	CA	EAB	EMant	EPC	TCR	TK
CAR	0,38***	-0,41***	-0,20*	-0,65***	-0,03	0,02
CA		-0,97***	-0,90***	-0,68***	-0,86***	-0,86***
EAB			0,93***	0,72***	0,91***	0,89***
EMant				0,43***	0,91***	0,95***
EPC					0,54***	0,41***
TCR						0,97***

¹CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual

Significância: †P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

Ao relacionar os valores médios de CA, EAB e EPC da classe eficiente com os da classe ineficiente (TABELA 9), observou-se que a diminuição do CAR ocasionou redução da CA em 12,2%, e aumento da EAB e da EPC em 13,3 e 15,5%, respectivamente. A melhoria dessas medidas de eficiência em relação ao CAR é explicada pela inalteração do PC e do GMD associada com a diminuição do CMS à medida que o CAR diminui. Além disso, a alta correlação entre CAR e EPC indica que a diminuição do CAR está relacionada à menor necessidade de consumo de MS para crescimento. De fato, estudos realizados com bovinos de raças taurinas em fase de crescimento mostram que a correlação entre CAR e EPC pode variar de -0,65 a -0,89 (Arthur et al., 2001; Nkrumah et al., 2004; Lancaster et al., 2009).

As demais medidas de eficiência alimentar foram correlacionadas entre si, com valores de correlação moderados a altos (TABELA 11). No entanto, todas essas medidas apresentam correlação significativa com o PC e o ganho de peso (TABELA 10), o que indica que mudanças na eficiência alimentar com base na CA, EAB, EMant, EPC, TCR e TK alteram o PC e o GMD dos animais.

4. CONCLUSÃO

Tourinhos Purunã classificados como eficientes para consumo alimentar residual apresentam menor consumo de alimento, mas mantêm o mesmo nível de produção dos classificados como ineficientes. Melhor conversão alimentar, maior eficiência alimentar bruta e maior eficiência parcial de crescimento são observadas em tourinhos eficientes para consumo alimentar residual. Assim, a classificação com base nessa característica de eficiência alimentar permite a identificação de animais com potencial para melhorar a eficiência produtiva do rebanho.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.68, p.131-139, 2001.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.

CASTRO BULLE, F.C.P.; PAULINO, P.V.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.928-936, 2007.

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

GOMES, R.C.; SAINZ, R.D.; SILVA, S.L.; CÉSAR, M.C.; BONIN, M.N.; LEME, P.R. 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**, v.150, p.265-273, 2012.

GOULART, R.S.; ALENCAR, M.M.; POTT, E.B.; CRUZ, G.R.; TULLIO, R.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.926-935, 2008.

HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M.; McCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1479-1486, 2007.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E9-E17, 2003.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.87, p.E64-E71, 2009.

KLEIBER, M. Body size and metabolic rate. **Physiological Reviews**, v.27, p.511-541, 1947.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

KUSS, F.; MOLETTA, J.L.; PEROTTO, D.; PAULA, M.C.; MARTINS, A.S.; SILVA, N.L.; LEME, M.C.J. Carcaça e carne de novilhos cruzas Pardo Suíço x Canchim e Purunã x Canchim terminados em confinamento. **Ciência Rural**, v.38, p.1061-1066, 2008.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS JR, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1539, 2009.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, p.793-806, 1968.

LUCILA SOBRINHO, T.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; MERCADANTE, M.E.Z. Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.929-937, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Portaria SDR nº 22, de 02 de Agosto de 1995. Regulamenta as normas de avaliação e seleção de bovinos de corte para obtenção do Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04/08/95, Seção 1, p. 11714.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2451-2459, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.rev.ed. Washington: National Academy Press, 2000. 248p.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

SANTANA, M.H.A.; ROSSI JUNIOR, P.; ALMEIDA, R.; CUCCO, D.C. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nelore bulls. **Livestock Science**, v.145, p.252-257, 2012.

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**, n.84, p.177-185, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Statistical Analysis System user's guide**, version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute, 2002. 513p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

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**, v.39, p.95-110, 1992.

ZINN, A.; SHEN, Y.A. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1280-1289, 1998.

CAPÍTULO II – PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

RESUMO

O perfil bioquímico sanguíneo é caracterizado pelas concentrações dos metabólitos sanguíneos, e é utilizado para avaliar as diferenças no metabolismo e compreender os aspectos fisiológicos dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar a relação dos metabólitos sanguíneos com o consumo alimentar residual (CAR) em touros em crescimento classificados como eficientes, intermediários e ineficientes para CAR. Foram utilizados 110 tourinhos Purunã com 10 meses de idade e 233 kg de peso corporal (PC), que foram alimentados à vontade em confinamento por 112 dias. O consumo de matéria seca (CMS) foi mensurado diariamente. O ganho médio diário (GMD) e os metabólitos sanguíneos relacionados com o metabolismo proteico, energético e enzimático a nível muscular e hepático foram mensurados a cada 28 dias. A creatinina sérica foi maior na classe eficiente, indicando que os tourinhos eficientes apresentaram maior massa muscular que os intermediários e ineficientes. A glicose sérica diminuiu da classe ineficiente para a eficiente, o que pode estar relacionado com a maior eficiência do metabolismo mitocondrial em tourinhos eficientes. O colesterol sérico foi maior nas classes eficiente e intermediária, o que sugere a menor utilização de triglicerídeos transportados por lipoproteínas de alta densidade (HDL) para suprir a demanda energética dos tourinhos dessas classes. O β -hidroxibutirato (BHB) sérico foi maior nas classes eficiente e ineficiente, o que pode estar relacionado com a elevada atividade cetogênica em tourinhos eficientes e com o equilíbrio das atividades lipolítica e cetogênica em tourinhos ineficientes. O CAR apresentou correlação moderada com as concentrações séricas de creatinina, e correlação baixa com as concentrações séricas de colesterol e de glicose, porém, os processos metabólicos relacionados com esses metabólitos influenciaram em 5% o consumo de alimento e em 15,8% o CAR. Touros em crescimento eficientes para CAR têm maior massa muscular e metabolismo energético mais eficiente que os ineficientes. As concentrações séricas de creatinina, colesterol e glicose não podem ser utilizadas como indicadores de eficiência para CAR em touros em crescimento.

Palavras-chave: bovinos de corte, creatinina, eficiência alimentar, massa muscular, metabolismo energético

CHAPTER II – BLOOD BIOCHEMICAL PROFILE OF PURUNÃ GROWING BULLS OF THREE GROUPS OF RESIDUAL FEED INTAKE

ABSTRACT

The blood biochemical profile is characterized by the concentration of blood metabolites, and is used to assess the differences on metabolism and comprises the physiological aspects of the animals. The purpose of this study was to evaluate the relationship of blood metabolites with residual feed intake (RFI) in growing bulls classified as efficient, intermediary and inefficient for RFI. A hundred and ten Purunã growing bulls with 10 months of age and 233 kg of body weight (BW) were fed *ad libitum* in feedlot for 112 days. Dry matter intake (DMI) was measured daily. Average daily gain (ADG) and blood metabolites related to protein and energy metabolism, and enzymatic metabolism in muscle and liver were measured every 28 days. Serum creatinine was higher in the efficient group, indicating that efficient animals showed greater muscle mass than intermediary and inefficient ones. Serum glucose decreased from the inefficient to the efficient group, which can be related to the higher efficiency of mitochondrial metabolism in efficient animals. Serum cholesterol was higher in the efficient and intermediary groups, which suggest the lower utilization of triglycerides transported by high density lipoproteins (HDL) to supply the energy demand of the animals in these groups. Serum β -hydroxybutyrate (BHB) was higher in the efficient and inefficient groups, which can be related to the increased ketogenesis in efficient animals, and with the balance on lipolytic and ketogenic functions in inefficient animals. RFI showed moderate correlation with serum creatinine, and low correlation with serum cholesterol and serum glucose, but the metabolic processes involving these metabolites affected the feed intake in 5% and the RFI in 15.8%. Efficient growing bulls for RFI has greater muscle mass and more efficient energy metabolism than inefficient ones. Serum creatinine, cholesterol and glucose cannot be used as markers of efficiency for RFI in growing bulls.

Keywords: beef cattle, creatinine, energy metabolism, feed efficiency, muscle mass

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da eficiência alimentar em bovinos depende da mensuração do ganho de peso e do consumo de alimento individual, que é um processo trabalhoso e de alto custo. Diversas características de eficiência podem ser mensuradas a partir dessas avaliações, entre elas o consumo alimentar residual (CAR), que permite identificar animais que consomem menos alimento para um nível de produção pré-estabelecido (Koch et al., 1963; Herd e Arthur, 2009).

O CAR representa as variações no consumo de alimento observadas entre animais com peso corporal (PC) e ganho médio diário (GMD) semelhantes, que são atribuídas, em parte, às diferenças individuais no metabolismo (Herd e Arthur, 2009). Essas diferenças podem ser identificadas na avaliação do perfil metabólico, que é caracterizado por parâmetros sanguíneos relacionados com o metabolismo proteico, energético e enzimático (no músculo e no fígado) dos animais. Assim, o perfil metabólico de bovinos eficientes e ineficientes para CAR tem sido avaliado com o objetivo de caracterizar as diferenças metabólicas desses animais (Richardson et al., 2004; Kelly et al., 2010; Santana et al., 2013)

Os processos metabólicos que ocorrem a nível tecidual, principalmente nos tecidos muscular e adiposo, explicam parte da variação do CAR em bovinos. Animais eficientes para CAR produzem e perdem menos energia na forma de calor a partir dos processos metabólicos (Richardson et al., 2001; Basarab et al., 2003). Isso pode estar associado com o menor *turnover* proteico que ocorre no tecido muscular (Richardson et al., 2001) e com a maior eficiência da atividade mitocondrial nas células (Kolath et al., 2006) desses animais. De fato, alguns genes que controlam o metabolismo proteico e energético estão associados com a variação fenotípica do CAR em bovinos (Barendse et al., 2007; Karisa et al., 2014).

A relação dos parâmetros sanguíneos com as alterações metabólicas, que ocorrem entre animais eficientes e ineficientes para CAR, pode fornecer informações importantes sobre a base fisiológica dessa característica de eficiência alimentar em bovinos. Além disso, os metabólitos sanguíneos que têm alta correlação com o CAR poderiam ser utilizados como indicadores de eficiência para esta característica. Esses indicadores permitiriam a identificação de animais potencialmente eficientes para CAR, evitando o uso de animais que teriam maior probabilidade de apresentar o fenótipo ineficiente nas avaliações de eficiência alimentar. As principais vantagens

seriam a redução dos custos com essas avaliações e a maior rapidez na melhoria da eficiência alimentar baseada no CAR em bovinos de corte.

Nesse contexto, foi avaliado o perfil metabólico de touros Purunã em crescimento classificados como eficientes, intermediários e ineficientes para CAR, e a relação desta característica de eficiência alimentar com os metabólitos sanguíneos nesses animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental, as avaliações de consumo, desempenho e eficiência alimentar, e os critérios de divisão dos tourinhos Purunã nas três classes de eficiência com base no CAR foram descritos nos subitens 2.1 e 2.2, item 2 do Capítulo I desta tese.

2.1. AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO

Antes das pesagens realizadas nos dias experimentais 0, 28, 56, 84 e 112, os animais foram contidos em tronco de contenção específico para bovinos e amostras de sangue foram coletadas entre as 8 e 11h. As amostras foram coletadas por venopunção jugular em tubos a vácuo (10 mL) sem anticoagulante. Logo após a coleta, as amostras de sangue permaneceram em repouso por 15 a 30 minutos para coagulação completa e, posteriormente, foram centrifugadas (4000 rotações por minuto – RPM por 10 minutos) para obtenção do soro. Após a centrifugação, o soro foi armazenado em microtubos tipo Eppendorf (1,5 mL) e congelado.

As amostras de soro permaneceram congeladas até o momento das análises bioquímicas, que foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da UFPR. Com exceção das globulinas, as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos foram determinadas utilizando-se kits bioquímicos comerciais (TABELA 12), e as análises foram processadas no analisador bioquímico automatizado BS-200 Mindray[®]. A concentração sérica de globulinas foi obtida por diferença entre as concentrações séricas de proteínas totais e de albumina.

TABELA 12 - KITS BIOQUÍMICOS E MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

PARÂMETRO ¹	KIT COMERCIAL	MÉTODO DE DETERMINAÇÃO
Proteínas totais (g/L)	Nº1120250K, Kovalent [®]	Fotométrico pelo método do Biureto
Albumina (g/L)	Nº1110250K, Kovalent [®]	Fotométrico utilizando verde de bromocresol
Creatinina (mg/dL)	Nº1030250K, Kovalent [®]	Cinético colorimétrico pelo método de Jaffé
Ureia (mg/dL)	Nº1070250K, Kovalent [®]	Enzimático UV pelo método da Urease-GLDH
Ácido úrico (mg/dL)	Nº1010250K, Kovalent [®]	Enzimático fotométrico utilizando TBHA (ácido 2,4,6-tribromo-3 hidroxibenzoico)
Glicose (mg/dL)	Nº1040250K, Kovalent [®]	Enzimático colorimétrico pelo método GOD-PAP
Colesterol (mg/dL)	Nº1020250K, Kovalent [®]	Enzimático fotométrico pelo método CHOD-PAP
Triglicerídeos (mg/dL)	Nº1060250K, Kovalent [®]	Enzimático colorimétrico pelo método GPO-PAP
BHB (mg/dL)	NºRB1008, Randox [®]	Cinético colorimétrico
ALT (U/L)	Nº2050075K, Kovalent [®]	Cinético UV
AST (U/L)	Nº2040075K, Kovalent [®]	Cinético UV
GGT (U/L)	Nº2070075K Kovalent [®]	Cinético colorimétrico
FA (U/L)	Nº2030075K, Kovalent [®]	Cinético colorimétrico
CK (U/L)	Nº2020075K, Kovalent [®]	Cinético UV
LDH (U/L)	Nº2100075K, Kovalent [®]	Cinético UV

¹BHB: β-hidroxibutirato; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; GGT: gamaglutamiltransferase; FA: fosfatase alcalina; CK: creatina-quinase; LDH: lactato desidrogenase
 FONTE: o autor (2014)

2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos foram determinadas em dois anos distintos, em cinco avaliações no período experimental e em três classes de eficiência alimentar baseadas no CAR. Assim, os dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, utilizando-se o modelo misto com efeitos fixos de ano, período e classe de eficiência, e o erro aleatório associado à esses fatores e às unidades experimentais. A análise foi realizada pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML - PROC MIXED), e o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + C_k + \varepsilon_{ijkl}$$

em que $i = 1$ e 2 ; $j = 0, 28, 56, 84$ e 112 ; $k = 1, 2$ e 3 ; Y_{ijkl} = valor da variável resposta para a i -ésima observação da k -ésima classe na j -ésima avaliação do i -ésimo ano; μ = valor médio da variável resposta independente dos efeitos dos fatores fixos

(constante); A_i = efeito fixo do i -ésimo ano experimental; P_j = efeito fixo da j -ésima avaliação no período experimental; C_k = efeito fixo da k -ésima classe de eficiência; ε_{ijkl} = erro aleatório da l -ésima observação da k -ésima classe na j -ésima avaliação do i -ésimo ano.

A estrutura de covariâncias que se mostrou mais ajustada ao conjunto de dados analisado foi a não estruturada, conforme o critério de informação de Akaike (AIC) e Schwarz (BIC). As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) entre as classes de eficiência foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Análise de correlação de Pearson (PROC CORR) foi realizada entre CAR, conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EAB), eficiência de manutenção (EMant), eficiência parcial de crescimento (EPC), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK) e as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos, utilizando-se a opção *partial* para ajustar os coeficientes de correlação aos efeitos fixos de ano e de instalação experimental.

Os metabólitos sanguíneos que apresentaram correlação significativa ($P < 0,10$) com o CAR foram submetidos à análise de regressão pelo método *stepwise* (PROC REG) para avaliar o efeito da inclusão desses parâmetros como variáveis independentes na acurácia da equação de predição de consumo de matéria seca (MS). Nessa análise, fixou-se o consumo de matéria seca (CMS) como variável dependente e o peso médio metabólico (PMM), o ganho médio diário (GMD) e as concentrações séricas dos metabólitos correlacionados com o CAR como variáveis independentes.

As análises estatísticas foram realizadas no programa *Statistical Analysis System*, versão 9.0 (SAS, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar do manejo pré-experimental ter sido padronizado nos dois anos de avaliação, os tourinhos avaliados em 2012 apresentaram maiores pesos ao desmame e no início do período experimental, iniciando o experimento em melhor condição nutricional que os avaliados em 2011 (desmame = 215,5 vs. 190,4 kg de peso corporal – PC; início do experimento = 256,5 vs. 213,4 kg de PC).

Com exceção das concentrações séricas de proteínas totais (PT) e de globulinas, as diferenças ($P < 0,10$) nas concentrações séricas dos metabólitos entre os dois anos de avaliação (TABELA 13) são explicadas pelas diferenças no PC e na condição nutricional entre os animais avaliados em 2011 e 2012. Variações no PC, na taxa de crescimento, na condição corporal e na condição nutricional podem influenciar as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos em bovinos (Ndlovu et al., 2007; Strydom et al., 2008).

TABELA 13 - RESULTADO DA ANÁLISE DE MEDIDAS REPETIDAS NO TEMPO, MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO EXPERIMENTAL (ANO), PERÍODO EXPERIMENTAL (TEMPO) E AS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (CLASSE) DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

METABÓLITO	VALOR P			MÉDIA	EPM
	ANO	TEMPO	CLASSE		
Proteínas totais (g/L)	0,1034	< 0,0001	0,7756	63,9	0,4
Albumina (g/L)	0,0451	< 0,0001	0,9506	35,3	0,2
Globulinas (g/L)	0,1305	< 0,0001	0,9510	28,7	0,3
Creatinina (mg/dL)	< 0,0001	< 0,0001	0,0005	1,34	0,02
Ureia (mg/dL)	< 0,0001	< 0,0001	0,3791	32,70	0,72
Ácido úrico (mg/dL)	0,0004	< 0,0001	0,2507	0,83	0,01
Glicose (mg/dL)	< 0,0001	< 0,0001	0,0624	92,70	0,92
Colesterol (mg/dL)	< 0,0001	< 0,0001	0,0189	68,98	1,29
Triglicérides (mg/dL)	0,0018	< 0,0001	0,4607	13,63	0,21
β -hidroxibutirato (mg/dL)	< 0,0001	< 0,0001	0,0051	1,39	0,07
Alanina aminotransferase (ALT; U/L)	0,0109	< 0,0001	0,6201	21,4	0,4
Aspartato aminotransferase (AST; U/L)	< 0,0001	< 0,0001	0,5485	75,9	1,2
Gamaglutamiltransferase (GGT; U/L)	< 0,0001	< 0,0001	0,3493	11,2	0,3
Fosfatase alcalina (FA; U/L)	< 0,0001	< 0,0001	0,3576	203,7	5,1
Creatina-quinase (CK; U/L)	< 0,0001	< 0,0001	0,8597	471,2	28,0
Lactato desidrogenase (LDH; U/L)	< 0,0001	< 0,0001	0,7976	3686,0	29,2

FONTE: o autor (2014)

As concentrações séricas de todos os metabólitos apresentaram variação significativa ($P < 0,10$) durante o período experimental (TABELA 13). Essa variação era esperada, pois as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos se alteram do nascimento até a idade adulta, quando os animais atingem o máximo desenvolvimento corporal (Doornenbal et al., 1988). Essas alterações estão relacionadas às mudanças que ocorrem no metabolismo e na composição corporal, destacando-se as mudanças nas taxas de deposição dos tecidos ósseo, muscular e adiposo até que a maturidade corporal seja alcançada (Owens et al., 1995). Os tourinhos foram avaliados durante a fase de recria, na qual ocorre intenso desenvolvimento corporal

com baixa deposição de tecido ósseo, elevada deposição de tecido muscular e moderada deposição de tecido adiposo. As taxas de deposição desses tecidos se alteram até a idade adulta (Owens et al., 1995), ocasionando alterações metabólicas que influenciam as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos.

A creatinina sérica diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 13) e apresentou valor superior na classe eficiente (1,45 mg/dL) (TABELA 14). As classes intermediária e ineficiente não diferiram entre si para este metabólito, apresentando valor médio de 1,33 mg/dL.

TABELA 14 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

METABÓLITO	CLASSE DE EFICIÊNCIA		
	EFICIENTE (CAR BAIXO)	INTERMEDIÁRIA (CAR MÉDIO)	INEFICIENTE (CAR ALTO)
Número de animais (n)	25	59	26
Proteínas totais (g/L)	63,5 ± 0,8	63,9 ± 0,5	64,3 ± 0,8
Albumina (g/L)	35,2 ± 0,4	35,3 ± 0,2	35,3 ± 0,3
Globulinas (g/L)	28,6 ± 0,7	28,5 ± 0,5	28,8 ± 0,7
Creatinina (mg/dL)	1,45 ± 0,03 a	1,33 ± 0,02 b	1,32 ± 0,03 b
Ureia (mg/dL)	32,7 ± 0,6	31,8 ± 0,4	32,3 ± 0,6
Ácido úrico (mg/dL)	0,85 ± 0,02	0,86 ± 0,02	0,81 ± 0,02
Glicose (mg/dL)	89,5 ± 1,6 b	92,4 ± 1,1 ab	94,6 ± 1,6 a
Colesterol (mg/dL)	70,2 ± 2,2 a	69,6 ± 1,5 a	63,1 ± 2,1 b
Triglicerídeos (mg/dL)	14,1 ± 0,4	13,6 ± 0,3	13,5 ± 0,4
β -hidroxibutirato (mg/dL)	1,52 ± 0,11 a	1,23 ± 0,07 b	1,55 ± 0,11 a
Alanina aminotransferase (ALT; U/L)	20,9 ± 0,8	21,3 ± 0,5	21,9 ± 0,7
Aspartato aminotransferase (AST; U/L)	73,8 ± 1,8	75,4 ± 1,2	76,6 ± 1,8
Gamaglutamiltransferase (GGT; U/L)	11,1 ± 0,4	11,3 ± 0,3	10,7 ± 0,4
Fosfatase alcalina (FA; U/L)	195,8 ± 9,2	206,2 ± 6,3	213,4 ± 9,0
Creatina-quinase (CK; U/L)	463,3 ± 30,2	468,0 ± 26,8	456,1 ± 30,0
Lactato desidrogenase (LDH; U/L)	3651,4 ± 52,6	3683,3 ± 35,6	3649,5 ± 51,6

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)
 FONTE: o autor (2014)

A creatinina é produzida pelo catabolismo da creatina e da fosfocreatina que estão presentes no músculo, e suas concentrações no sangue e na urina têm correlação positiva com a massa muscular em bovinos (Wuthier e Sttaton, 1957; Silva et al., 2013). Assim, a maior concentração sérica de creatinina nos tourinhos eficientes (TABELA 14) indica que esses animais tiveram maior desenvolvimento muscular que os tourinhos intermediários e ineficientes. A relação entre creatinina sérica e massa muscular em animais eficientes para CAR também foi relatada em

outros trabalhos realizados com bovinos (Richardson et al., 2004; Santana et al., 2013) e ovinos (Paula et al., 2013).

Estudos sobre a composição corporal de novilhos eficientes e ineficientes para CAR mostram que esta característica de eficiência alimentar tem correlação negativa com o ganho de proteína corporal (Richardson et al., 2001) e a proporção de músculo na carcaça (Basarab et al., 2003; Nkrumah et al., 2007). Dessa forma, quanto menor é o valor de CAR maior é a quantidade e a proporção de músculo na carcaça, o que é explicado pelo menor gasto energético com processos fisiológicos de manutenção, restando mais energia disponível para a síntese e deposição de tecido muscular em animais eficientes (Basarab et al., 2003; Castro Bulle et al., 2007). Portanto, as diferenças na concentração sérica de creatinina entre as classes de eficiência refletiram as diferenças na composição corporal entre tourinhos eficientes e os intermediários e ineficientes para CAR.

As diferenças na creatinina sérica indicam, ainda, a relação genética deste metabólito com a eficiência alimentar em bovinos. Segundo Karisa et al. (2014), a síntese de creatina (precursor da creatinina) é controlada por genes (ERK1/2, MAPK e P13K) que estão relacionados com a variação fenotípica do CAR. A concentração de creatina no citoplasma da célula regula a ação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK), enzima que parece ter papel importante no metabolismo energético das células musculares. A oxidação de ácidos graxos e a captação de glicose da circulação sanguínea são processos regulados pela AMPK, onde o aumento da concentração de creatina (pela desfosforilação da fosfocreatina) aumenta a atividade desta enzima e estimula a ocorrência desses processos metabólicos. A maior concentração sérica de creatinina reflete as maiores concentrações de creatina e fosfocreatina nas células musculares de tourinhos eficientes. Nessa condição, esses animais têm menor dependência por outros substratos energéticos (glicose, ácidos graxos e corpos cetônicos) para suprir a demanda energética do tecido muscular comparados aos tourinhos intermediários e ineficientes.

A glicose sérica diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 13), e foi menor na classe eficiente (89,5 mg/dL) e maior na classe ineficiente (94,6 mg/dL); a classe intermediária foi semelhante às demais e apresentou valor de 92,4 mg/dL para glicose sérica (TABELA 14).

A menor glicose sérica observada na classe eficiente pode estar relacionada com a maior eficiência da atividade mitocondrial em tourinhos eficientes comparados

aos ineficientes. Dois processos metabólicos ocorrem com maior eficiência a nível mitocondrial em animais eficientes para CAR: (1) a menor utilização do acetato como substrato energético no ciclo de Krebs, o que diminui as taxas de conversão deste metabólito em acetil-CoA e, dessa forma, poupa o gasto de ATP (Karisa et al., 2014); (2) a maior captação e utilização de oxigênio (O₂), resultando em maior eficiência na transferência de elétrons na cadeia respiratória (Kolath et al., 2006; Rajaei Sharifabadi et al., 2012).

O metabolismo da mitocôndria é parcialmente controlado por genes (UCP-3, PGC-1 α , COX II, ERK1/2) que estão relacionados com a variação fenotípica do CAR em bovinos (Karisa et al., 2014). Essa relação genética entre o metabolismo mitocondrial e o CAR explica parcialmente a variação no consumo de alimento observada entre animais eficientes e ineficientes, o que parece influenciar a glicose sérica. É provável que a maior eficiência da atividade mitocondrial determine a diminuição da demanda energética, o que leva a diminuição do consumo de alimento e, por consequência, da glicose sérica em tourinhos eficientes.

O colesterol sérico diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 13) e foi inferior na classe ineficiente (63,1 mg/dL) (TABELA 14). As classes intermediária e eficiente foram semelhantes entre si, apresentando média de 69,9 mg/dL para a concentração sérica deste metabólito.

As maiores concentrações séricas de colesterol nos tourinhos eficientes e intermediários podem estar relacionadas com as concentrações elevadas de lipoproteínas de alta densidade (HDL) nesses animais, o que reforça as diferenças no metabolismo energético entre animais eficientes e ineficientes para CAR. Em bovinos, as lipoproteínas são compostas por 4 a 5% de colesterol, e a HDL é a principal lipoproteína presente no sangue no período de jejum (Bruss, 2008). No presente estudo, o método de determinação do colesterol mensurou a concentração sérica total deste metabólito, incluindo o colesterol que compõe as lipoproteínas.

A HDL apresenta 4% de triglicerídeos em sua composição (Bruss, 2008), que podem ser clivados em ácidos graxos não esterificados (AGNE) e utilizados pelo tecido muscular para produzir energia (Hocquette et al., 1998). O baixo colesterol sérico em tourinhos ineficientes pode estar relacionado com a maior utilização de AGNE, obtido a partir dos triglicerídeos presentes na HDL, para atender a demanda energética do tecido muscular. As maiores taxas de *turnover* proteico que ocorrem nesse tecido levam ao aumento da demanda energética em animais ineficientes

(Castro Bulle et al., 2007), ocasionando a diminuição das concentrações séricas de triglicerídeos e de AGNE nesses animais comparados aos eficientes (Richardson et al., 2004; Kelly et al., 2010). A concentração sérica de triglicerídeos foi semelhante entre as classes de eficiência (TABELA 13), entretanto, as menores concentrações séricas de colesterol em tourinhos ineficientes sugerem o maior catabolismo de triglicerídeos a partir da HDL para suprir a maior demanda energética do tecido muscular nesses animais.

O metabolismo do colesterol está geneticamente relacionado com a eficiência alimentar em bovinos. Karisa et al. (2014) relataram que dois genes que controlam a biossíntese de colesterol (INSIG1 e LRP5) estão relacionados com a variação fenotípica do CAR nesses animais. Esses autores sugeriram que bovinos ineficientes para CAR apresentam maiores níveis de colesterol em sua composição corporal, o que está associado com a maior ingestão de energia e maior deposição de gordura de cobertura na carcaça desses animais (Basarab et al., 2003; Nkrumah et al., 2007). No presente estudo, o colesterol sérico não apresentou correlação com o CMS ($r = 0,09$; $P > 0,10$), mas apresentou correlação positiva com a espessura de gordura subcutânea (EGS, $r = 0,26$; $P < 0,05$) dos tourinhos. Apesar desta relação entre o colesterol sérico e a composição corporal, a variação deste metabólito entre as classes de eficiência (TABELA 14) indica que existem diferenças no metabolismo energético de tourinhos eficientes e ineficientes para CAR.

O β -hidroxibutirato (BHB) sérico diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 13) e foi inferior na classe intermediária (1,23 mg/dL) (TABELA 14). As classes eficiente e ineficiente foram semelhantes entre si, apresentando valor médio de 1,54 mg/dL para a concentração sérica deste metabólito.

Apesar de terem sido semelhantes, as elevadas concentrações séricas de BHB em tourinhos eficientes e ineficientes parecem estar associadas às diferenças no metabolismo energético existente entre esses animais. Os tourinhos ineficientes parecem ter mantido a atividade lipolítica no tecido adiposo e cetogênica no fígado de forma equilibrada, utilizando AGNE e corpos cetônicos como fonte de energia no período de jejum que precedeu a coleta das amostras de sangue. Por outro lado, os tourinhos eficientes parecem ter aumentado a intensidade de cetogênese hepática, priorizando a utilização de corpos cetônicos no período de jejum.

Embora a concentração sérica de AGNE não tenha sido mensurada, dois processos metabólicos dão suporte para esta hipótese: (1) a baixa utilização dos

AGNE a partir dos triglicerídeos presentes na HDL pelos tourinhos eficientes, o que foi relacionado indiretamente com a maior concentração de colesterol nesses animais; (2) a rápida conversão realizada pelo fígado dos AGNE (que são transportados pela albumina) em corpos cetônicos, que são substratos energéticos liberados diretamente no sangue e rapidamente utilizados pelos tecidos periféricos (Bruss, 2008). Nesse caso, a maior intensidade de cetogênese hepática aumentaria a eficiência de atendimento da demanda energética, uma vez que mais substratos energéticos independentes de transportadores (como no caso dos AGNE) estariam disponíveis no sangue para utilização pelos tecidos periféricos.

Os resultados obtidos para o BHB sérico discordam de outros trabalhos que relacionaram este metabólito com o CAR em bovinos (Richardson et al., 2004; Kelly et al., 2010). Esses autores observaram correlação positiva entre CAR e BHB sérico, justificando que o aumento no consumo de alimento da classe eficiente para a ineficiente resultou em aumento da concentração sérica deste metabólito. Nesse caso, o aumento do BHB sérico foi relacionado ao aumento da produção e absorção de butirato no rúmen de bovinos com CAR positivo. No presente estudo, o BHB sérico não apresentou correlação com o CMS ($r = 0,05$; $P > 0,10$) e com o CAR ($r = -0,02$) (TABELA 15), indicando que este metabólito não é afetado pela variação no consumo de alimento entre tourinhos eficientes e ineficientes para CAR.

As concentrações séricas de PT, albumina (ALB), globulinas, ureia, ácido úrico e das enzimas aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gamaglutamiltransferase (GGT), fosfatase alcalina (FA), creatina-quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 13), indicando que esses metabólitos não foram influenciados pela classificação dos tourinhos com base no CAR. Outros trabalhos também não encontraram diferenças na concentração sérica desses metabólitos entre bovinos de diferentes classes de CAR (Richardson et al., 2004; Kelly et al., 2010; Santana et al., 2013).

O CAR apresentou correlação moderada com a concentração sérica de creatinina ($r = -0,41$) e correlação baixa, porém significativa, com as concentrações séricas de glicose ($r = 0,21$) e de colesterol ($r = -0,26$) dos tourinhos (TABELA 15). Essas correlações indicam que a diminuição do CAR ocasiona o aumento das concentrações séricas de creatinina e de colesterol, e a diminuição da concentração sérica de glicose, confirmando que a melhoria da eficiência alimentar com base no

CAR determina mudanças na composição corporal e no metabolismo energético dos tourinhos. Ressalta-se, ainda, que a creatinina sérica apresentou correlação positiva com o PMM ($r = 0,25$; $P < 0,01$), indicando que o aumento deste metabólito está relacionado com o aumento do PC dos tourinhos. Assim, se a creatinina sérica fosse utilizada como um indicador indireto de eficiência alimentar para CAR, os tourinhos eficientes teriam PC ligeiramente superior aos ineficientes. O maior PC estaria relacionado com o maior desenvolvimento muscular dos animais eficientes.

TABELA 15 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

METABÓLITO ^I	CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR ^{II}						
	CA	EAB	EMant	EPC	TCR	TK	CAR
Proteínas totais	-0,16	0,14	0,21*	-0,09	0,10	0,16 [†]	-0,03
Albumina	-0,34**	0,29**	0,37***	-0,05	0,29**	0,36**	0,04
Globulinas	-0,02	0,02	0,06	-0,07	-0,03	0,01	-0,05
Creatinina	-0,01	0,01	0,01	0,06	-0,18 [†]	-0,13	-0,41***
Ureia	0,04	-0,06	-0,08	0,07	-0,11	-0,11	-0,10
Ácido úrico	-0,07	0,06	0,04	0,09	0,01	0,01	-0,12
Glicose	0,02	-0,05	-0,02	-0,08	0,04	0,03	0,21*
Colesterol	-0,20*	0,20*	0,19 [†]	0,10	0,09	0,12	-0,26**
Triglicerídeos	0,02	-0,03	-0,09	0,10	-0,05	-0,08	-0,07
BHB	-0,13	0,14	0,15	0,06	0,14	0,15	-0,02
ALT	-0,06	0,07	0,17 [†]	-0,15	0,13	0,17 [†]	0,16
AST	-0,09	0,09	0,12	0,00	0,16 [†]	0,16	0,12
GGT	0,01	-0,01	0,01	-0,07	-0,03	-0,01	-0,01
FA	-0,20*	0,17 [†]	0,21*	0,00	0,22*	0,24*	0,12
CK	-0,24*	0,28**	0,30**	0,17 [†]	0,36**	0,34**	0,05
LDH	-0,05	0,06	0,06	0,02	0,05	0,06	0,00

^I BHB: β -hidroxibutirato; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; GGT: gamaglutamiltransferase; FA: fosfatase alcalina; CK: creatina-quinase; LDH: lactato desidrogenase

^{II} CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual

Significância: [†] $P < 0,10$; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ e *** $P < 0,0001$

FONTE: o autor (2014)

Além da correlação com o CAR, a creatinina sérica apresentou correlação negativa e baixa com a TCR ($r = -0,18$) (TABELA 15), indicando que o aumento deste metabólito está associado com a diminuição da eficiência para TCR. Esta característica de eficiência alimentar é calculada a partir do PC inicial e final dos animais, e permite avaliar a mudança do grau de maturidade corporal em um determinado intervalo de tempo (Fitzhugh Junior e Taylor, 1971). Nas provas de desempenho em que o ganho de peso dos animais é mensurado em um intervalo de

tempo fixo, quanto maior é o GMD de um determinado indivíduo, maior será a diferença entre o seu PC inicial e final. Nessa condição, a maturidade corporal deste indivíduo será alcançada precocemente, aumentando a eficiência para TCR. De fato, registrou-se correlação positiva e alta entre TCR e GMD ($r = 0,72$; $P < 0,0001$) nos tourinhos. Entretanto, a creatinina sérica não apresentou correlação com o GMD ($r = 0,03$; $P > 0,10$), mas apresentou correlação positiva e baixa com PC inicial ($r = 0,28$; $P < 0,01$) e final ($r = 0,22$; $P < 0,05$). Assim, a diminuição da eficiência para TCR em resposta ao aumento da creatinina sérica é explicada pela inalteração do ganho de peso e pelo aumento do PC à medida que a concentração sérica deste metabólito se elevou nos tourinhos.

O colesterol sérico apresentou correlação baixa com CA ($r = -0,20$), EAB ($r = 0,20$) e EMant ($r = 0,19$) (TABELA 15), em que a melhoria da eficiência com base nessas características esteve relacionada com o aumento do colesterol sérico nos tourinhos. Isso é explicado pela correlação positiva do colesterol sérico com o GMD ($r = 0,18$; $P < 0,10$) e o PC final ($r = 0,19$; $P < 0,05$), e pela ausência de correlação deste metabólito com o CMS ($r = 0,09$; $P > 0,10$) e o CMS direcionado para manutenção (CMS_{MANT}, $r = -0,05$; $P > 0,10$). Apesar de baixa, a correlação entre colesterol sérico e GMD indica que o aumento do ganho de peso altera o metabolismo energético dos tourinhos, afetando positivamente a eficiência alimentar desses animais.

Essas correlações mostram que a utilização das concentrações séricas de creatinina e de colesterol como indicadores de eficiência para CAR pode afetar outras características de eficiência alimentar nos tourinhos. A seleção baseada na creatinina sérica não altera o GMD, mas favorece a seleção de tourinhos com maior massa muscular e maior PC, o que pode elevar as exigências de manutenção devido ao aumento do *turnover* proteico no tecido muscular (Herd e Arthur, 2009). Isso explica fisiologicamente porque o aumento da creatinina sérica ocasionou a diminuição da eficiência dos tourinhos para TCR. Já a seleção baseada no colesterol sérico não influencia o consumo de alimento, mas favorece a seleção de tourinhos com maior ganho de peso e maior PC. Nessa condição, a maior eficiência do metabolismo energético desses animais resulta na melhoria da eficiência para CA, EAB e EMant. Entretanto, devido a correlação baixa a moderada das concentrações séricas de creatinina e de colesterol com o CAR, esses metabólitos não devem ser utilizados como indicadores indiretos para esta característica de eficiência alimentar nos tourinhos. A inalteração do consumo de alimento e o aumento do PC (resultando

em aumento da exigência de manutenção) são respostas esperadas a partir da seleção de tourinhos com elevadas concentrações séricas de creatinina e de colesterol; já a diminuição no consumo de alimento e a inalteração do PC são respostas observadas a partir da identificação e seleção de animais eficientes com base no CAR.

A concentração sérica de PT apresentou correlação baixa com EMant e TK, e a concentração sérica de ALB apresentou correlação baixa a moderada com todas as características de eficiência alimentar, exceto EPC e CAR (TABELA 15). Esses metabólitos apresentam baixa variabilidade no sangue, mas podem ser influenciados pela quantidade de alimento consumido, sendo mais sensíveis a quantidade de proteína ingerida pelos animais (Ndlovu et al., 2007; Strydom et al., 2008). No presente estudo, as concentrações séricas de PT e de ALB apresentaram correlação positiva com o CMS ($r_{PT} = 0,31$ e $r_{ALB} = 0,40$; $P < 0,01$). Além disso, não houve correlação desses metabólitos com CMS_{MANT} , mas os mesmos apresentaram correlação positiva com o CMS direcionado para crescimento ou ganho de peso (CMS_{GANHO} , $r_{PT} = 0,32$ e $r_{ALB} = 0,45$; $P < 0,01$). Essas correlações indicam que o aumento no consumo total de alimento e, principalmente, da fração do alimento destinada para o ganho de peso elevam as concentrações séricas de PT e de ALB nos tourinhos.

O aumento no consumo de alimento resulta em aumento na ingestão de energia e proteína, proporcionando maior ganho de peso aos bovinos em fase de crescimento (Owens et al., 1995). Isso foi confirmado pela correlação positiva e alta entre CMS e GMD ($r = 0,76$; $P < 0,0001$) registrado no presente estudo. Conforme foi registrado para o CMS, o GMD e o PMM também apresentaram correlação positiva com as concentrações séricas de PT ($r_{GMD} = 0,29$ e $r_{PMM} = 0,32$; $P < 0,01$) e de ALB ($r_{GMD} = 0,45$ e $r_{PMM} = 0,32$; $P < 0,01$), indicando que o aumento desses metabólitos está associado ao aumento do ganho de peso e do PC dos tourinhos. Isso explica o aumento da eficiência para EMant e TK com o aumento da concentração sérica de PT e, também, o aumento da eficiência para as demais características de eficiência alimentar (exceto EPC e CAR) com o aumento da concentração sérica de ALB nos tourinhos.

Registrou-se correlação baixa entre a concentração sérica de ALT e as características de eficiência EMant e TK; correlação baixa entre a concentração sérica de AST e a característica de eficiência TCR; correlação baixa a moderada

entre a concentração sérica de FA e todas as características de eficiência, exceto EPC e CAR; e correlação baixa a moderada entre a concentração sérica de CK e todas as características de eficiência, exceto o CAR (TABELA 15). Em geral, houve melhoria da eficiência alimentar em resposta ao aumento das concentrações séricas desses metabólitos nos tourinhos.

Em ruminantes jovens e sadios as concentrações séricas de ALT, AST, FA e CK podem variar com as mudanças que ocorrem na composição corporal e no metabolismo até que a maturidade corporal seja alcançada. Na fase de crescimento, o aumento das concentrações de ALT, AST e CK no sangue está relacionado com a alta intensidade do metabolismo proteico-energético do tecido muscular (Hocquette et al., 1998; Richardson et al., 2004; Russell e Roussel, 2007); já o aumento da concentração de FA no sangue está relacionado com a intensa atividade metabólica do tecido ósseo (Russell e Roussel, 2007). Com exceção da AST, esses metabólitos apresentaram correlação positiva com o GMD ($r_{ALT} = 0,25$; $r_{FA} = 0,23$ e $r_{CK} = 0,22$; $P < 0,05$) nos tourinhos. As correlações desses metabólitos com o ganho de peso mostraram-se compatíveis com a intensa atividade metabólica dos tecidos muscular e ósseo na fase de crescimento, uma vez que a deposição desses tecidos aumenta linearmente até a idade adulta em bovinos que são alimentados à vontade em confinamento (Owens et al., 1995). Isso explica a associação desses metabólitos com a melhoria das características de eficiência alimentar (exceto o CAR) nos tourinhos.

Apesar de terem sido influenciados pelo consumo de alimento e/ou pelo desenvolvimento muscular dos tourinhos, as concentrações séricas de PT, ALB, ALT, AST, FA e de CK não apresentaram correlação com o CAR por estarem correlacionadas com o PMM e/ou com o GMD. O CAR é fenotipicamente independente dessas características, uma vez que são utilizadas para estimar o consumo de alimento esperado para um determinado nível de produção (Herd e Arthur, 2009). Além da ausência de correlação com o CAR, a correlação com o PMM e o GMD justifica a semelhança das concentrações séricas desses metabólitos entre as classes de eficiência (TABELA 13).

A análise de regressão indicou que a acurácia da equação de predição de consumo de MS de Koch et al. (1963) pode ser melhorada em 5% ($R^2 = 0,86$ para $R^2 = 0,91$) com a inclusão das concentrações séricas de creatinina (Cre), colesterol (Col) e glicose (Gli) como variáveis independentes. A equação de predição de consumo de MS ajustada com esses metabólitos foi:

$$\text{CMS}_{\text{EST}} = 0,1011 \cdot \text{PMM} + 1,7535 \cdot \text{GMD} - 1,2069 \cdot \text{Cre} - 0,0069 \cdot \text{Col} + \\ 0,0094 \cdot \text{Gli} - 0,3360 \\ R^2 = 0,91$$

Nesse modelo, a variação do consumo de MS foi explicada em 67,7%, 18,1%, 3,6%, 0,8% e 0,7% pelo PMM, GMD, Cre, Col e Gli, respectivamente. A creatinina foi o metabólito que apresentou maior relação com o consumo de MS, o que mostra a forte influência do desenvolvimento muscular no consumo de alimento na fase de crescimento. O colesterol e a glicose apresentaram menor relação com o consumo de MS, mas mostraram a influência do metabolismo energético a nível sistêmico no consumo de alimento pelos tourinhos.

A melhoria da acurácia da equação de predição de consumo de MS com a inclusão das concentrações séricas de creatinina, colesterol e glicose reforça a forte relação entre CAR e o metabolismo energético dos tourinhos. O desvio padrão (DP) do CAR calculado a partir do modelo base de Koch et al. (1963) foi 0,373 kg de MS/dia. Esse valor foi reduzido para 0,314 kg de MS/dia com a inclusão dos metabólitos como variáveis independentes na equação de predição de consumo de MS, o que representou uma diminuição de 15,8% no DP do CAR. Portanto, cerca de 15,8% da variação fenotípica do CAR está relacionada com processos metabólicos que envolvem a creatinina, o colesterol e a glicose nos tourinhos. Essa proporção corresponde a cerca de metade (43%) da contribuição dos processos metabólicos (*turnover* proteico, metabolismo tecidual e os associados ao estresse) para a variabilidade fenotípica do CAR em bovinos, que é de 37% (Herd e Arthur, 2009).

4. CONCLUSÃO

A utilização do consumo alimentar residual para avaliar a eficiência alimentar de touros em fase de crescimento permite identificar animais com maior massa muscular e metabolismo energético mais eficiente.

As concentrações séricas de creatinina, colesterol e glicose não podem ser utilizadas como indicadores de eficiência para consumo alimentar residual em touros

em fase de crescimento, pois têm correlação baixa (colesterol e glicose) a moderada (creatinina) com essa característica de eficiência alimentar.

Os processos metabólicos relacionados com a creatinina, o colesterol e a glicose influenciam o consumo de alimento e o consumo alimentar residual de touros em fase de crescimento.

5. REFERÊNCIAS

BARENDSE, W.; REVERTER, A.; BUNCH, R.J.; HARRISON, B.E.; BARRIS, W.; THOMAS, M.B. A validated whole-genome association study of efficient food conversion in cattle. **Genetics**, v.176, p.1893-1905, 2007.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.

BRUSS, M.L. Lipids and ketones. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. (Eds.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. San Diego: Academic Press, 2008. p.81-115.

CASTRO BULLE, F.C.P.; PAULINO, P.V.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.928-936, 2007.

DOORNENBAL, H.; TONG, A.K.W.; MURRAY, N.L. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v.52, p.99-105, 1988.

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

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.87, p.E64-E71, 2009.

HOCQUETTE, J.F.; ORTIGUES-MARTY, I.; PETHICK, D.; HERPIN, P.; FERNANDEZ, X. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. **Livestock Production Science**, v.56, p.115-143, 1998.

KARISA, B.; MOORE, S.; PLASTOW, G. Analysis of biological networks and biological pathways associated with residual feed intake in beef cattle. **Animal Science Journal**, v.85, p.374-387, 2014.

KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS JR., D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, A.R. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic

variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal Animal Science**, v.88, p.109-123, 2010.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W.; KEISLER, D.H. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, v.84, p.861-865, 2006.

NDLOVU, T.; CHIMONYO, M.; OKOH, A.I.; MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; RAATS, J.G. Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and future prospects. **African Journal of Biotechnology**, v.6, n.24, p.2727-2734, 2007.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.85, 2711-2720, 2007.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3152-3172, 1995.

PAULA, E.F.E.; SOUZA, D.F.; MONTEIRO, A.L.G.; SANTANA, M.H.A.; GILAVERTE, S.; ROSSI JUNIOR, P.; DITTRICH, R.L. Residual feed intake and hematological and metabolic blood profiles of Ile de France lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.11, p.806-812, 2013.

RAJAEI SHARIFABADI, H.; ZAMIRI, M.J.; ROWGHANI, E.; BOTTJE, W.G. Relationship between the activity of mitochondrial respiratory chain complexes and feed efficiency in fat-tailed Ghezel lambs. **Journal of Animal Science**, v.90, p.1807-1815, 2012.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.441-452, 2004.

RUSSELL, K.E.; ROUSSEL, A.J. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. **Veterinary Clinics and Food Animal Practice**, v.23, p.403-426, 2007.

SANTANA, M.H.A.; ROSSI JUNIOR, P.; ALMEIDA, R.; SCHUNTZEMBERGER, A.M.S. Blood cell and metabolic profile of Nelore bulls and their correlations with residual feed intake and feed conversion ratio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.527-537, 2013.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Statistical Analysis System user's guide**, version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute, 2002. 513p.

SILVA, L.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; ROTTA, P.P.; ZANETTI, D.; VALADARES, R.D.F.; DETMANN, E. Models to predict muscle tissue and crude protein in beef cattle. **Livestock Science**, v.160, p.186-193, 2013.

STRYDOM, S.; AGENÄS, S.; HEATH, M.F.; PHILLIPS, C.J.C.; RAUTENBACH, G.H.; THOMPSON, P.N. Evaluation of biochemical and ultrasonographic measurements as indicators of undernutrition in cattle. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v.75, p.207-213, 2008.

WUTHIER, P.R.; STRATTON, P.O. The creatinine level of blood serum as an indicator of carcass composition. **Journal of Animal Science**, v16, p.961-966, 1957.

CAPÍTULO III – PADRÃO DE SELEÇÃO DA DIETA E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA AVALIADAS POR ULTRASSONOGRRAFIA EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

RESUMO

A melhoria da eficiência alimentar pode estar relacionada com o consumo de componentes de maior valor nutricional da dieta e, também, com a maior deposição de massa muscular em bovinos de corte. O objetivo deste estudo foi avaliar o padrão de seleção da dieta fornecida em confinamento e as características de carcaça de touros em crescimento com eficiência alimentar divergente para consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados 110 tourinhos Purunã com 10 meses de idade e 233 kg de peso corporal (PC), que foram alimentados à vontade por 112 dias com dieta composta por 580 g/kg de silagem de milho e 420 g/kg de concentrado, em base de matéria seca (MS). O consumo de MS (CMS) foi mensurado diariamente, e o ganho médio diário (GMD) foi mensurado a cada 28 dias. O padrão de seleção da dieta foi avaliado pela distribuição das partículas de diferentes tamanhos das sobras no Separador de Partículas *Penn State* (SPPS). As características de carcaça foram avaliadas por ultrassonografia no início e no final do período experimental. As sobras da dieta de tourinhos eficientes apresentaram maior proporção de partículas maiores que 19 mm e de partículas maiores que 7,8 mm, menor proporção de partículas entre 1,7 e 7,8 mm e maior tamanho médio de partícula, indicando que esses animais selecionaram dieta com maior proporção de concentrado que os tourinhos ineficientes. A relação entre largura e profundidade (L:P) do olho de lombo no músculo *Longissimus dorsi* foi menor em tourinhos eficientes. A área de olho de lombo (AOL) inicial foi ligeiramente superior em tourinhos eficientes, porém a AOL final não diferiu entre as classes de eficiência. O ganho em AOL foi maior em tourinhos intermediários e ineficientes. As espessuras de gordura subcutânea (EGS) inicial e final, e o ganho em EGS foram semelhantes entre as classes de eficiência. A melhoria da eficiência alimentar com base no CAR aumenta o potencial de seleção de alimentos concentrados em touros em crescimento alimentados em confinamento. A melhoria da eficiência para CAR também está relacionada com o aumento da musculosidade de touros Purunã em crescimento. A forma arredondada do músculo *Longissimus dorsi* confere um maior potencial de desenvolvimento muscular aos tourinhos eficientes para CAR.

Palavras-chave: bovinos de corte, concentrado, desenvolvimento muscular, olho de lombo, seleção de partículas da dieta

CHAPTER III – PATTERN OF DIET SELECTION AND CARCASS TRAITS EVALUATED BY ULTRASSONOGRAPHY IN PURUNĂ GROWING BULLS OF THREE GROUPS OF RESIDUAL FEED INTAKE

ABSTRACT

Improvement of feed efficiency can be related to the intake of higher nutritional value compounds from diet, and also with higher accretion of muscle mass in beef cattle. The purpose of this study was to evaluate the pattern of diet selection in feedlot and the carcass traits of growing bulls with divergent feed efficiency for residual feed intake (RFI). A hundred and ten Purună growing bulls with 10 months of age and 233 kg of body weight (BW) were fed *ad libitum* for 112 days with diet composed by 580 g/kg of corn silage and 420 g/kg of concentrate on dry matter (DM) basis. DM intake (DMI) was measured daily and average daily gain (ADG) was measured every 28 days. The pattern of diet selection was assessed by the particle size distribution of leftovers on Penn State Particle Separator (PSPS). Carcass traits were assessed by ultrasonography at the beginning and at the end of trial period. The diet leftovers of efficient growing bulls had higher proportion of particles bigger than 19 mm and particles bigger than 7.8 mm, lower proportion of particles between 1.7 and 7.8 mm and greater average particle size, which indicates that these animals selected diet with higher proportion of concentrate than inefficient growing bulls. The width:depth ratio of rib eye in *Longissimus dorsi* muscle were lower in efficient growing bulls. Initial rib eye area (REA) was slightly greater in efficient growing bulls, but final REA did not differ among the efficiency groups. REA gain was higher in intermediary and inefficient growing bulls. Initial and final backfat thickness (BFT), and BFT gain were similar among the efficiency groups. The improvement of feed efficiency based on RFI increases the potential of selection of concentrate feed in growing bulls fed on feedlot. Also, the improvement of feed efficiency for RFI is related to increase in muscularity in Purună growing bulls. The rounded shape of *Longissimus dorsi* muscle indicates a high potential of muscular development in growing bulls efficient for RFI.

Keywords: beef cattle, concentrate, muscle development, particle selection from diet, rib eye

1. INTRODUÇÃO

A eficiência alimentar de bovinos de corte pode ser avaliada por meio de diversos índices ou características, entre eles o consumo alimentar residual (CAR). Ao ajustar o consumo de alimento ao peso corporal (PC) e ao ganho de peso dos animais, dois componentes são obtidos: (1) o consumo de alimento esperado para atender um nível de produção pré-estabelecido; (2) a fração residual que é definida como CAR (Koch et al., 1963). Diversos fatores contribuem para a variação dessa característica de eficiência alimentar em bovinos, como o padrão de alimentação e a composição corporal (Herd e Arthur, 2009).

Bovinos eficientes para CAR permanecem menos tempo se alimentando e realizam menos refeições diárias que os ineficientes (Golden et al., 2008; Lancaster et al., 2009; Kelly et al., 2010). Nessa condição, animais ineficientes dispendem mais energia em atividades relacionadas com a alimentação, como mastigar, permanecer em pé e caminhar. Por outro lado, o menor gasto energético com essas atividades por animais eficientes é atribuído ao menor consumo de alimento e, provavelmente, à seleção de componentes de maior valor nutricional da dieta.

As avaliações de eficiência alimentar são realizadas em confinamento, onde o alimento é fornecido à vontade na forma de ração total misturada (RTM). Em geral, a RTM apresenta alta proporção de concentrado, em que as partículas menores representam os componentes de maior valor nutricional da dieta. A preferência de bovinos eficientes para CAR pelo concentrado poderia explicar, em parte, o menor consumo de alimento desses animais em relação aos ineficientes. De fato, bovinos de corte alimentados em confinamento podem alterar o padrão de seleção da dieta, selecionando partículas específicas para atender suas necessidades fisiológicas e nutricionais (Corzi e Gottardo, 2005; Forbes 2007).

O aumento da eficiência para CAR pode modificar a composição corporal de bovinos, diminuindo a deposição de gordura e aumentando a deposição de músculo na carcaça. Em bovinos puros e mestiços da raça Angus, o aumento da eficiência para CAR pode reduzir a espessura de gordura subcutânea (EGS) em 1,0 a 1,5 mm (Nkrumah et al., 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009), e aumentar os ganhos em área de olho de lombo (AOL) e de proteína corporal (Richardson et al., 2001). Essas duas características estão diretamente relacionadas com o maior desenvolvimento muscular em bovinos eficientes para CAR.

Entretanto, Golden et al. (2008) avaliando bovinos mestiços da raça Angus não observaram diferenças na EGS e na AOL entre animais com eficiência alimentar divergente para CAR. Isso mostra que é possível melhorar a eficiência para essa característica sem modificar as características de carcaça dos animais.

O bovino composto Purunã é formado por $\frac{1}{4}$ Angus, $\frac{1}{4}$ Caracu, $\frac{1}{4}$ Charolês e $\frac{1}{4}$ Canchim, e a relação do CAR com o comportamento alimentar e a composição corporal desses animais ainda é pouco conhecida. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o padrão de seleção da dieta fornecida em confinamento e as características de carcaça de touros Purunã em crescimento com eficiência alimentar divergente para CAR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental, as avaliações de consumo, desempenho e eficiência alimentar, e os critérios de divisão dos tourinhos Purunã nas três classes de eficiência com base no CAR foram descritos nos subitens 2.1 e 2.2, item 2 do Capítulo I desta tese.

2.1. AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE SELEÇÃO DE PARTÍCULAS DA DIETA

O padrão de seleção de partículas da dieta foi avaliado a partir das amostras compostas das sobras da dieta de cada animal. Após a retirada da subamostra para determinação do teor médio de matéria seca (TMS), outra subamostra com cerca de 900 g foi retirada das amostras compostas das sobras e fracionada no Separador de Partículas *Penn State* (SPPS). Este equipamento é constituído por três peneiras sobrepostas com aberturas de 19 mm (P1), 7,8 mm (P2) e 1,7 mm (P3) de diâmetro, e por um último compartimento fechado (Fundo). Logo, foram obtidas quatro frações com partículas maiores que 19 mm, entre 7,8 e 19 mm, entre 1,7 e 7,8 mm e menores que 1,7 mm da segunda subamostra (FIGURA 4). As frações retidas em cada peneira e no compartimento fechado foram pesadas, e suas proporções (em relação a subamostra que foi fracionada) foram utilizadas no cálculo do tamanho médio das partículas (TMP) das sobras, conforme o método descrito por Heinrichs e Kononoff (2002).

As avaliações foram realizadas nos dias experimentais 46, 53, 60, 67, 74, 81, 88, 95, 102 e 111 do primeiro ano experimental, totalizando dez avaliações em 2011; e nos dias experimentais 21, 42, 49, 70, 77, 98 e 105 do segundo ano experimental, totalizando sete avaliações em 2012.



FIGURA 4 - FRAÇÕES DAS SOBRAS DA DIETA DE TOURINHOS PURUNÃ OBTIDAS NAS PENEIRAS COM ABERTURAS DE 19 mm (P1), 7,8 mm (P2), 1,7 mm (P3) DE DIÂMETRO E NO COMPARTIMENTO FECHADO (FUNDO)

FONTE: o autor (2014)

Amostras da RTM também foram fracionadas no SPPS nos mesmos dias experimentais em que foram realizados os fracionamentos das sobras. Após a retirada da subamostra para determinação do TMS, outra subamostra com cerca de 900 g foi retirada das amostras compostas de silagem. Nessa subamostra foi adicionado o concentrado na mesma proporção da dieta experimental (42% da MS) e, posteriormente, procedeu-se a mistura da silagem com o concentrado para simular a RTM fornecida aos animais. Após a mistura, a amostra foi fracionada no SPPS e o TMP da RTM foi calculado conforme o método descrito por Heinrichs e Kononoff (2002). As proporções das frações obtidas no SPPS e o TMP da RTM nos dois anos de avaliação são apresentados na TABELA 16.

TABELA 16 - PROPORÇÕES DAS QUATRO FRAÇÕES OBTIDAS NO SEPARADOR DE PARTÍCULAS *PENN STATE* (SPPS) E TAMANHO MÉDIO DAS PARTÍCULAS DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) FORNECIDA AOS TOURINHOS PURUNÃ NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO

CARACTERÍSTICA	RTM EXPERIMENTAL		
	2011	2012	MÉDIA
Partículas > 19 mm (%)	4,60	5,94	5,27
Partículas entre 7,8 e 19 mm (%)	42,72	40,57	41,65
Partículas entre 1,7 e 7,8 mm (%)	42,54	44,45	43,50
Partículas < 1,7 mm (%)	10,14	9,03	9,59
Tamanho médio das partículas (mm)	5,83	5,94	5,89

FONTE: o autor (2014)

2.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

As características do músculo *Longissimus dorsi* (*L. dorsi*) foram avaliadas em imagens ultrassonográficas obtidas entre a 12^a e 13^a costelas do lado esquerdo dos animais (FIGURA 5), no primeiro e no último dia experimental. As imagens foram geradas no ultrassom Aloka SSD 500, equipado com transdutor linear de 3,5 MHz e 178 mm de comprimento. No momento das avaliações, o transdutor linear foi acoplado a uma guia acústica (*stand off*) para melhor adaptação à conformação dos animais, e foi utilizado óleo vegetal como meio condutor das ondas acústicas. As imagens foram armazenadas em computador e analisadas no software Lince[®].

No músculo *L. dorsi* foram mensurados a largura (LOL) e a profundidade (POL) máximas do olho de lombo de acordo com Crews Jr. (2001), a relação entre largura e profundidade máximas (L:P) do olho de lombo, a AOL e a EGS (FIGURA 5). Por diferença entre as medidas iniciais e finais foram obtidos os ganhos dessas características no período experimental, exceto para a relação L:P. Para esta característica foi calculada a média entre as medidas inicial e final.

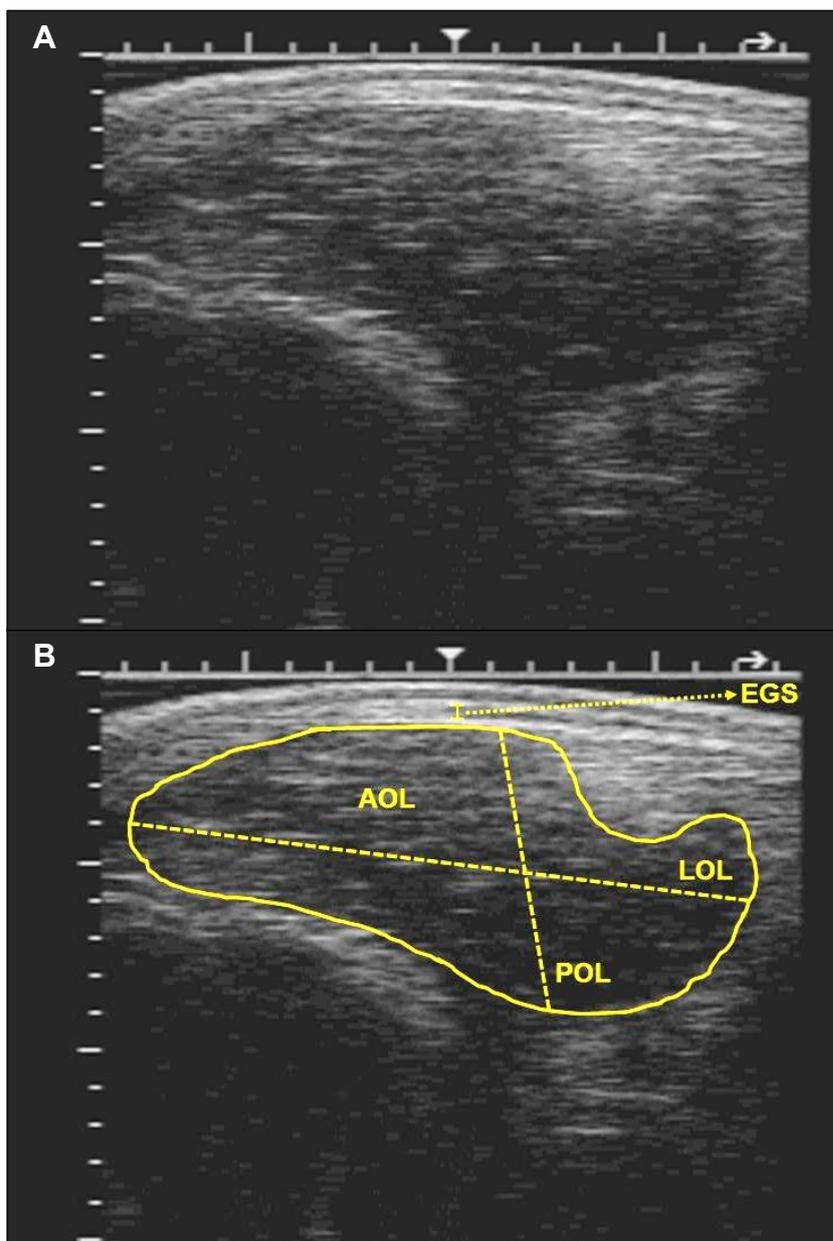


FIGURA 5 - IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA OBTIDA ENTRE A 12ª E 13ª COSTELAS (A) E AS MEDIDAS DE LARGURA (LOL) E PROFUNDIDADE (POL) MÁXIMAS DO OLHO DE LOMBO, ÁREA DE OLHO DE LOMBO (AOL) E ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA (EGS) NO MÚSCULO *Longissimus dorsi* (B) DE TOURINHOS PURUNÃ
FONTE: o autor (2014)

2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de seleção de partículas da dieta foram obtidos em dois anos distintos, em dez avaliações em 2011 e sete avaliações em 2012, e em três classes de eficiência alimentar baseadas no CAR. Assim, esses dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo,

utilizando-se o modelo misto com efeitos fixos de ano, período e classe de eficiência, e o erro aleatório associado à esses fatores e às unidades experimentais. Com exceção do dia 21 do segundo ano, os dias de avaliação do segundo ano foram padronizados de acordo com os dias de avaliação do primeiro ano experimental, buscando viabilizar a inclusão do período como efeito fixo na análise. Dessa forma, formou-se um único conjunto de dados para os dois anos experimentais incluindo 11 dias de avaliação no período experimental. A análise foi realizada pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML - PROC MIXED), e o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + C_k + \varepsilon_{ijkl}$$

em que $i = 1$ e 2 ; $j = 21, 46, 53, 60, 67, 74, 81, 88, 95, 102$ e 111 ; $k = 1, 2$ e 3 ; Y_{ijkl} = valor da variável resposta para a l -ésima observação da k -ésima classe na j -ésima avaliação do i -ésimo ano; μ = valor médio da variável resposta independente dos efeitos dos fatores fixos (constante); A_i = efeito fixo do i -ésimo ano experimental; P_j = efeito fixo da j -ésima avaliação no período experimental; C_k = efeito fixo da k -ésima classe de eficiência; ε_{ijkl} = erro aleatório da l -ésima observação da k -ésima classe na j -ésima avaliação do i -ésimo ano.

A estrutura de covariâncias que se mostrou mais ajustada ao conjunto de dados analisado foi a simétrica composta, conforme o critério de informação de Akaike (AIC) e Schwarz (BIC). As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) entre as classes de eficiência foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Os dados de características de carcaça foram submetidos à análise de variância pelo Modelo Linear Geral (PROC GLM) em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que corresponderam às três classes de CAR. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} = valor da variável resposta da j -ésima observação na i -ésima classe; μ = valor médio da variável resposta independente do efeito de classe (constante); C_i = efeito da i -ésima classe; ε_{ij} = erro aleatório da j -ésima observação na i -ésima classe.

As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) entre as classes foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Análise de correlação de Pearson (PROC CORR) foi realizada entre CAR, conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EAB), eficiência de manutenção (EMant), eficiência parcial de crescimento (EPC), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK) e as frações que caracterizam o padrão de seleção de partículas da dieta e as características de carcaça, utilizando-se a opção *partial* para ajustar os coeficientes de correlação aos efeitos fixos de ano e de instalação experimental. Nessas análises foi adotado o nível de significância de 10%.

As análises estatísticas foram realizadas no programa *Statistical Analysis System*, versão 9.0 (SAS, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência do ano experimental nas frações com partículas maiores que 19 mm e com partículas entre 7,8 e 19 mm das sobras da dieta dos tourinhos (TABELA 17). A proporção de partículas maiores que 19 mm foi 6% maior nas sobras avaliadas em 2012 em relação às sobras avaliadas em 2011 (18,2 vs. 12,2%). Registrou-se o inverso para a proporção de partículas entre 7,8 e 19 mm, que foi 6,1% menor nas sobras avaliadas em 2012 em relação às sobras avaliadas em 2011 (44,0 vs. 50,1%). As demais frações, o TMS e o TMP das sobras da dieta dos tourinhos não foram influenciados pelo ano experimental (TABELA 17).

As diferenças nas frações com partículas maiores que 19 mm e com partículas entre 7,8 e 19 mm nas sobras em relação ao ano experimental refletem a heterogeneidade dessas frações na silagem de milho fornecida aos tourinhos nos dois anos de avaliação. A proporção de partículas maiores que 19 mm foi 1,3% maior (5,9 vs. 4,6%), e de partículas entre 7,8 e 19 mm foi 2,1% menor (40,6 vs. 42,7%) na silagem fornecida em 2012 em relação à silagem fornecida em 2011 (TABELA 16). Essas diferenças estão relacionadas com o processo de picagem da planta inteira de milho no momento da ensilagem, que resultou em partículas maiores na silagem e, por consequência, nas sobras da dieta avaliadas em 2012. Neumann et al. (2009) também verificaram que as mudanças nas proporções das

frações com partículas de tamanhos diferentes na silagem de milho alteram as frações das sobras da dieta fornecida para tourinhos Charolês em confinamento.

TABELA 17 - RESULTADO DA ANÁLISE DE MEDIDAS REPETIDAS NO TEMPO, MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO EXPERIMENTAL (ANO), PERÍODO EXPERIMENTAL (TEMPO) E CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (CLASSE) DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

CARACTERÍSTICA	VALOR P			MÉDIA	EPM
	ANO	TEMPO	CLASSE		
Teor de matéria seca (%)	0,6539	< 0,0001	0,6270	34,49	0,62
Partículas > 19 mm (%)	0,0003	< 0,0001	0,0540	15,19	1,43
Partículas entre 7,8 e 19 mm (%)	< 0,0001	< 0,0001	0,1032	47,02	1,11
Partículas > 7,8 mm (%)*	0,9207	< 0,0001	0,0489	62,22	2,03
Partículas entre 1,7 e 7,8 mm (%)	0,5457	< 0,0001	0,0136	33,18	1,46
Partículas < 1,7 mm (%)	0,2912	< 0,0001	0,5448	4,60	0,64
Tamanho médio das partículas (mm)	0,2295	< 0,0001	0,0400	8,65	0,36

*Soma da proporção de partículas entre 7,8 e 19 mm com a proporção de partículas maiores que 19 mm

FONTE: o autor (2014)

As características das sobras da dieta dos tourinhos se alteraram durante o período experimental (TABELA 17). O TMS aumentou de 34 para 35,8% e o TMP diminuiu de 9,10 para 8,22 mm com o avanço do período experimental, indicando que a proporção de volumoso na dieta selecionada e consumida pelos tourinhos aumentou até o final do experimento. Isso é confirmado pela diminuição da fração com partículas entre 7,8 e 19 mm, e pelo aumento das frações com partículas entre 1,7 e 7,8 mm, e com partículas menores que 1,7 mm nas sobras no decorrer do experimento (FIGURA 6).

O consumo de matéria seca (CMS) apresentou correlação positiva e alta com o peso médio metabólico (PMM, $r = 0,87$; $P < 0,0001$) e o ganho médio diário (GMD, $r = 0,76$; $P < 0,0001$), o que indica que o consumo de alimento aumentou durante o período experimental. Assim, além de selecionar maior proporção de volumoso, os tourinhos consumiram maior quantidade deste alimento, principalmente da metade para o final do experimento (FIGURA 6). As alterações no padrão de seleção de partículas da dieta no período experimental são explicadas pelas mudanças nas exigências nutricionais e pelo atendimento de necessidades fisiológicas específicas dos tourinhos.

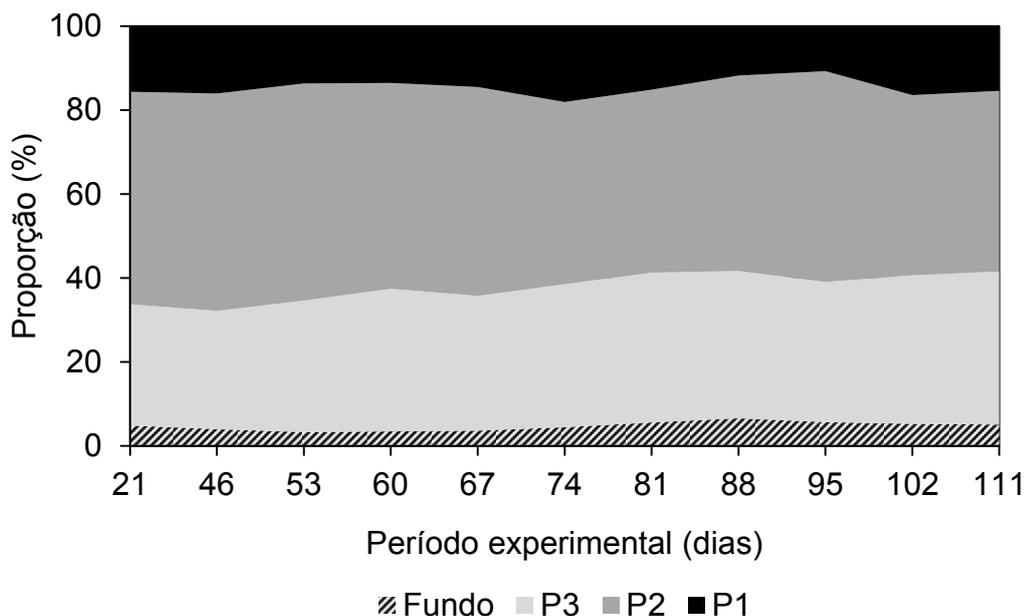


FIGURA 6 - VARIÇÃO DA PROPORÇÃO DAS FRAÇÕES COM PARTÍCULAS MAIORES QUE 19 mm (P1), ENTRE 7,8 E 19 mm (P2), ENTRE 1,7 E 7,8 mm (P3) E MENORES QUE 1,7 mm (FUNDO) NAS SOBRAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL

FONTE: o autor (2014)

As mudanças nas exigências nutricionais estão relacionadas com o aumento da deposição de gordura na carcaça, o que pode ser parcialmente responsável pelo aumento no consumo de volumoso pelos tourinhos. Esses animais apresentavam 297 kg de PC médio na metade do experimento, peso próximo do qual a deposição de tecido adiposo começa a aumentar de forma quadrática sob condição de alimentação irrestrita em confinamento (cerca de 300 a 320 kg de PC; Owens et al., 1995). O tecido adiposo é sintetizado a partir do acetato e do butirato, que são os principais ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) produzidos pela fermentação dos carboidratos fibrosos (CF) no rúmen (Palmquist e Mattos, 2011).

O período entre a metade e o final do experimento compreendeu os dias mais frios do período experimental nos dois anos de avaliação (FIGURA 7). Nessa condição, o aumento do consumo de volumoso estaria relacionado com a necessidade de manutenção da temperatura corporal. A fermentação de CF no rúmen resulta em alto incremento calórico, verificando-se aumento no consumo de alimentos volumosos por bovinos nos períodos de frio (Forbes, 2007).

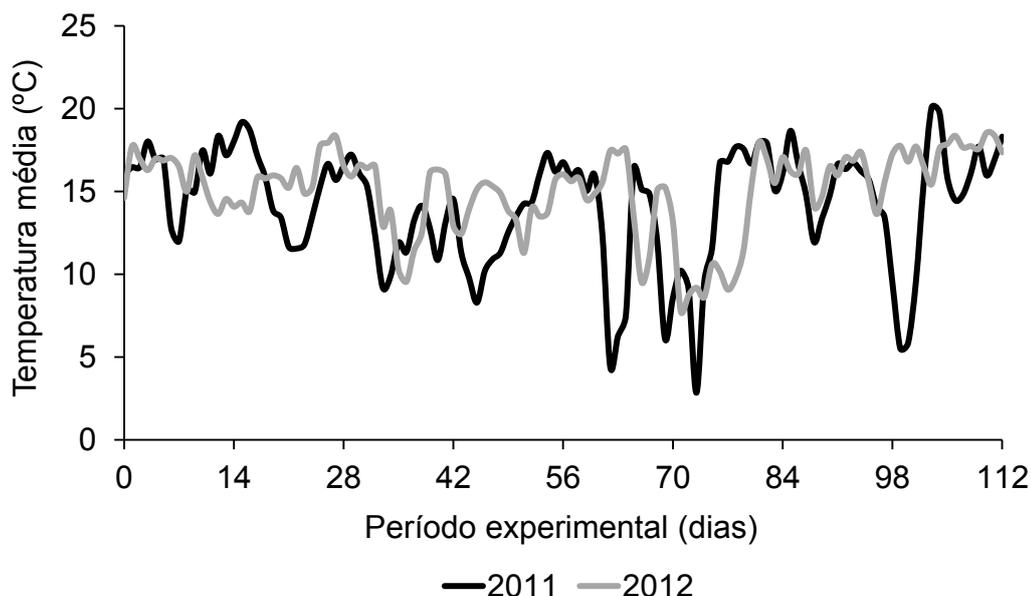


FIGURA 7 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, PARANÁ, DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO
 FONTE: SIMEPAR (2014)

As proporções de partículas maiores que 19 mm, de partículas maiores que 7,8 mm (que corresponde a soma das frações retidas na P1 e na P2), de partículas entre 1,7 e 7,8 mm e o TMP das sobras da dieta dos tourinhos diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 17). A proporção de partículas maiores que 19 mm foi 5,2% maior (17,3 vs. 12,1%), de partículas maiores que 7,8 mm foi 8,1% maior (66,4 vs. 58,3%), de partículas entre 1,7 e 7,8 mm foi 7% menor (29,6 vs. 36,6%) e o TMP foi 1,46 mm maior (9,35 vs. 7,89 mm) nas sobras de tourinhos eficientes em relação às sobras dos ineficientes (TABELA 18). Esses resultados mostram que os tourinhos eficientes selecionaram e consumiram dieta com maior proporção de concentrado que os ineficientes. O TMS e as demais frações das sobras foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 17 e TABELA 18).

TABELA 18 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) DAS CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

CARACTERÍSTICA	CLASSE DE EFICIÊNCIA		
	EFICIENTE (CAR BAIXO)	INTERMEDIÁRIA (CAR MÉDIO)	INEFICIENTE (CAR ALTO)
Número de animais (n)	25	59	26
Teor de matéria seca (%)	34,02 ± 0,71	34,47 ± 0,46	34,98 ± 0,69
Partículas > 19 mm (%)	17,33 ± 1,64 a	16,11 ± 1,07 ab	12,14 ± 1,60 b
Partículas entre 7,8 e 19 mm (%)	49,04 ± 1,27	45,85 ± 0,83	46,19 ± 1,24
Partículas > 7,8 mm (%)*	66,36 ± 2,31 a	61,97 ± 1,51 ab	58,33 ± 2,26 b
Partículas entre 1,7 e 7,8 mm (%)	29,64 ± 1,66 b	33,30 ± 1,09 ab	36,60 ± 1,63 a
Partículas < 1,7 mm (%)	3,99 ± 0,73	4,73 ± 0,47	5,07 ± 0,71
Tamanho médio das partículas (mm)	9,35 ± 0,41 a	8,71 ± 0,27 ab	7,89 ± 0,40 b

*Soma da proporção de partículas entre 7,8 e 19 mm com a proporção de partículas maiores que 19 mm

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,10)

FONTE: o autor (2014)

As diferenças no padrão de seleção de partículas da dieta entre tourinhos eficientes e ineficientes para CAR podem estar relacionadas com as diferenças na capacidade de digestão e de aproveitamento dos nutrientes da dieta, nas exigências nutricionais e na composição corporal desses animais.

O consumo de dietas com maior proporção de concentrado por tourinhos eficientes pode estar relacionado com a maior capacidade de digerir e aproveitar o amido presente nos alimentos concentrados. Há evidência de que a capacidade de digestão do amido está geneticamente associada com o CAR em bovinos (Channon et al., 2004). Somado a isso, bovinos eficientes para CAR têm maior capacidade de degradar e digerir CF que os ineficientes (Magnani et al., 2013), o que pode explicar a menor seleção e o menor consumo de partículas maiores que 19 mm, e de partículas maiores que 7,8 mm por tourinhos eficientes (TABELA 18). A capacidade de digestão dos alimentos influencia o CAR em cerca de 10% em bovinos (Herd e Arthur, 2009).

Além de consumir mais alimento, bovinos ineficientes para CAR depositam mais gordura na carcaça que os eficientes (Robinson e Oddy, 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009). A maior ingestão de energia e, conseqüentemente, a maior disponibilidade de substratos para a síntese de tecido adiposo favorecem a deposição de gordura em bovinos ineficientes.

O controle da relação volumoso:concentrado da dieta, pela seleção de partículas que é realizada pelo próprio animal, parece exercer um papel importante

na deposição de gordura na carcaça. O fornecimento de dois ou mais alimentos com características nutricionais distintas permite que os animais selecionem diferentes proporções desses alimentos para atender as suas exigências nutricionais (Forbes, 2007). Dessa forma, o aumento no consumo de volumoso eleva a ingestão de CF que, conforme descrito anteriormente, fornecem substratos específicos para a síntese de tecido adiposo (Palmquist e Mattos, 2011). O menor TMP das sobras de tourinhos ineficientes (TABELA 18) demonstra a preferência desses animais pelo volumoso, que, associado ao maior consumo de alimento, é explicada pela maior demanda energética para deposição de gordura na carcaça.

Por outro lado, a menor deposição de gordura na carcaça leva a diminuição da demanda energética em bovinos eficientes para CAR. Esses animais consomem menos energia metabolizável, retêm menos energia corporal e produzem menos calor que os ineficientes (Basarab et al., 2003; Castro Bulle et al., 2007). Parte do calor produzido é atribuído ao incremento calórico da alimentação, que influencia o CAR em cerca de 9% (Herd e Arthur, 2009). Assim, a menor produção de calor em bovinos eficientes para CAR está relacionada com o consumo de dietas com maior proporção de concentrado, uma vez que a ingestão de maior quantidade de alimento concentrado reduz o incremento calórico (Forbes, 2007).

O maior TMP das sobras de tourinhos eficientes (TABELA 18) confirma a preferência desses animais pelo concentrado, pois indica maior proporção de volumoso nas sobras. Ao avaliar o CAR em novilhos alimentados com dietas com e sem inclusão de volumoso, Golden et al. (2008) observaram baixa amplitude de variação no CMS para as duas dietas em animais eficientes (6,99 vs. 6,51 kg/dia) comparados aos ineficientes (10,30 vs. 7,87 kg/dia). Esses resultados indicam que, quando a dieta com volumoso foi fornecida, os novilhos eficientes consumiram menos volumoso que os ineficientes.

O CAR apresentou correlação negativa e baixa com as proporções de partículas maiores que 19 mm ($r = -0,27$), de partículas entre 7,8 e 19 mm ($r = -0,19$) e de partículas maiores que 7,8 mm ($r = -0,29$); correlação positiva e moderada com a proporção de partículas entre 1,7 e 7,8 mm ($r = 0,33$); correlação positiva e baixa com a proporção de partículas menores que 1,7 mm ($r = 0,17$); e correlação negativa e baixa com o TMP ($r = -0,30$) das sobras (TABELA 19). Essas correlações reforçam as diferenças no padrão de seleção de partículas da dieta entre tourinhos eficientes e ineficientes, indicando que a melhoria da eficiência para CAR aumenta o potencial

de seleção de dietas com maior proporção de concentrado pelos animais. Ao relacionar as características das sobras de tourinhos eficientes com as sobras dos ineficientes (TABELA 18), observou-se que a diminuição do CAR aumentou as proporções de partículas maiores que 19 mm em 42,8%, de partículas entre 7,8 e 19 mm em 6,2% e de partículas maiores que 7,8 mm em 13,8%; diminuiu a proporção de partículas entre 1,7 e 7,8 mm em 19% e de partículas menores que 1,7 mm em 21,3%; e aumentou o TMP das sobras em 18,5%.

TABELA 19 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DAS SOBRAS DIÁRIAS DA DIETA E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ^I	CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR ^{II}						
	CA	EAB	EMant	EPC	TCR	TK	CAR
Teor de matéria seca	0,35**	-0,35**	-0,32**	-0,24*	-0,29**	-0,30**	0,15
Partículas > 19 mm	-0,38***	0,43***	0,38***	0,33**	0,34**	0,34**	-0,27**
Partículas entre 7,8 e 19 mm	-0,13	0,09	0,01	0,20*	0,01	-0,01	-0,19*
Partículas > 7,8 mm*	-0,34**	0,35**	0,28**	0,34**	0,24*	0,24*	-0,29**
Partículas entre 1,7 e 7,8 mm	0,33**	-0,35**	-0,27**	-0,36**	-0,23*	-0,22*	0,33**
Partículas < 1,7 mm	0,32**	-0,31**	-0,27**	-0,25**	-0,25**	-0,25**	0,17 [†]
TMP	-0,35**	0,38***	0,31**	0,36**	0,27**	0,27**	-0,30**

^ITMP: tamanho médio das partículas

^{II}CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual

*Soma da proporção de partículas entre 7,8 e 19 mm com a proporção de partículas maiores que 19 mm

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

Com exceção da proporção de partículas entre 7,8 e 19 mm, que apresentou correlação apenas com a EPC, as características das sobras apresentaram correlação baixa a moderada com todas as características de eficiência alimentar que foram avaliadas além do CAR (TABELA 19). O aumento da eficiência baseada nessas características também é atribuído à seleção e ao consumo de dietas com maior proporção de concentrado pelos tourinhos. Dessa forma, ao aumentar o potencial de seleção de concentrado, a melhoria da eficiência para CAR também melhora a eficiência para as demais características de eficiência alimentar que foram avaliadas nos tourinhos.

A LOL inicial e as relações L:P inicial e média do olho de lombo diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 20). A LOL inicial na classe ineficiente (12,4 cm) foi 0,5 cm superior às classes eficiente e intermediária (média de 11,9 cm). Essa

medida influenciou as relações L:P inicial e média, que foram menores na classe eficiente (2,67 e 2,65) comparada à ineficiente (3,03 e 2,98). Essas características demonstram que os tourinhos eficientes têm o olho de lombo mais arredondado que os ineficientes, e indicam um aumento discreto da musculosidade dos primeiros no início do experimento. Isso é confirmado pelo valor numericamente superior ($P = 0,1446$) da AOL inicial de tourinhos eficientes comparados aos ineficientes ($42,5$ vs. $40,3$ cm²) (TABELA 20).

TABELA 20 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) DAS CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO *Longissimus dorsi* DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

CARACTERÍSTICA ¹	CLASSE DE EFICIÊNCIA			P
	EFICIENTE (CAR BAIXO)	INTERMEDIÁRIA (CAR MÉDIO)	INEFICIENTE (CAR ALTO)	
Número de animais (n)	25	59	26	-
LOL inicial (cm)	11,91 ± 0,26 b	11,90 ± 0,13 b	12,43 ± 0,19 a	0,0784
LOL final (cm)	13,75 ± 0,28	13,31 ± 0,14	13,75 ± 0,20	0,1353
LOL ganho (cm)	1,84 ± 0,27	1,41 ± 0,14	1,32 ± 0,20	0,2791
POL inicial (cm)	4,48 ± 0,21	4,29 ± 0,10	4,21 ± 0,15	0,5821
POL final (cm)	5,37 ± 0,30	5,02 ± 0,15	4,93 ± 0,22	0,4940
POL ganho (cm)	0,89 ± 0,19	0,73 ± 0,09	0,72 ± 0,14	0,7291
Relação L:P inicial	2,67 ± 0,13 b	2,81 ± 0,07 ab	3,03 ± 0,10 a	0,0691
Relação L:P final	2,62 ± 0,16	2,69 ± 0,08	2,93 ± 0,12	0,1748
Relação L:P média	2,65 ± 0,14 b	2,75 ± 0,07 b	2,98 ± 0,10 a	0,0889
AOL inicial (cm ²)	42,46 ± 1,33	39,31 ± 0,87	40,31 ± 1,33	0,1446
AOL final (cm ²)	49,61 ± 1,38	49,77 ± 0,90	49,84 ± 1,38	0,9925
AOL ganho (cm ²)	7,15 ± 1,13 b	10,47 ± 0,74 a	9,53 ± 1,13 ab	0,0555
EGS inicial (mm)	0,05 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0,00 ± 0,04	0,6223
EGS final (mm)	0,85 ± 0,26	1,16 ± 0,16	1,04 ± 0,25	0,6012
EGS ganho (mm)	0,80 ± 0,24	1,12 ± 0,15	1,04 ± 0,24	0,5398

¹LOL: largura máxima do olho de lombo; POL: profundidade máxima do olho de lombo; L:P: largura:profundidade do olho de lombo; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,10$)
 FONTE: o autor (2014)

O ganho em AOL foi maior na classe intermediária e menor na classe eficiente, apresentando valores de 10,5 e 7,2 cm² respectivamente (TABELA 20). O ganho em AOL na classe ineficiente foi 9,5 cm² e não diferiu estatisticamente das demais classes. Apesar das diferenças registradas para o ganho em AOL entre as classes de eficiência, a AOL final foi semelhante entre as mesmas e apresentou valor médio de 49,7 cm². Os maiores valores de ganho em AOL nos tourinhos intermediários e ineficientes são explicados pela menor AOL inicial desses animais

comparados aos eficientes. Dessa forma, embora os tourinhos eficientes tenham apresentado maior musculosidade no início e no decorrer do experimento, houve maior deposição de tecido muscular em tourinhos intermediários e ineficientes durante o experimento. Lancaster et al. (2009) relataram resultados semelhantes para AOL inicial e final, e para ganho em AOL em tourinhos da raça Angus classificados como eficientes, intermediários e ineficientes para CAR.

As medidas de EGS inicial e final sobre o músculo *L. dorsi* e o ganho em EGS foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 20), apresentando valores médios de 0,03; 1,02 e 0,99 mm, respectivamente. A semelhança entre as classes de eficiência e os baixos valores de EGS inicial e final, e de ganho em EGS são explicados pela fase de desenvolvimento em que os tourinhos se encontravam durante o período experimental. Esses animais apresentaram média de 233 e 360 kg de PC no início e no final do experimento, e 1,14 kg/dia de GMD durante o período experimental. Nessa faixa de PC e de GMD, a deposição de tecido adiposo na carcaça é pouco influenciada por variações no consumo de alimento observadas entre bovinos de raças taurinas que são alimentados à vontade em confinamento (Owens et al., 1995).

Provavelmente, se os tourinhos tivessem iniciado o experimento com 350 kg de PC, as medidas de EGS teriam diferido entre as classes de eficiência. Estudos realizados com novilhos puros e mestiços da raça Angus, com 325 a 550 kg de PC, mostram que animais ineficientes para CAR apresentam maior EGS e maior ganho em EGS que os animais eficientes (Nkrumah et al., 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009). A intensa deposição de gordura que ocorre nessa faixa de PC associada com a maior ingestão de energia determina a maior cobertura de gordura na carcaça de animais ineficientes. Apesar da deposição de gordura apresentar aumento quadrático a partir de 300 a 320 kg de PC (Owens et al., 1995), o aumento do PC até 360 kg não foi suficiente para evidenciar as diferenças na deposição de gordura de cobertura nas carcaças de tourinhos eficientes e ineficientes para CAR. Assim, as diferenças nas características e na composição da carcaça em relação a eficiência para CAR tornam-se mais evidentes quando a deposição de gordura representa a maior fração da composição do ganho de peso em bovinos (Robinson e Oddy, 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009).

O CAR apresentou correlação positiva e baixa a moderada com LOL inicial ($r = 0,25$) e com as relações L:P inicial ($r = 0,43$), final ($r = 0,24$) e média ($r = 0,36$)

(TABELA 21), indicando que a melhoria da eficiência para CAR está associada com a diminuição da LOL inicial e da relação L:P do olho de lombo nos tourinhos. Essas correlações reforçam as diferenças observadas para LOL inicial e para as relações L:P inicial e média entre as classes de eficiência, que diminuíram da classe eficiente para a ineficiente (TABELA 20).

TABELA 21 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO *Longissimus dorsi* E CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ^I	CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR ^{II}						
	CA	EAB	EMant	EPC	TCR	TK	CAR
LOL inicial	0,26 [†]	-0,31*	-0,19	-0,51**	-0,31*	-0,23 [†]	0,25 [†]
LOL final	0,01	-0,04	0,03	-0,23 [†]	-0,07	-0,01	0,06
LOL ganho	-0,25 [†]	0,27 [†]	0,22	0,27 [†]	0,24 [†]	0,22	-0,19
POL inicial	-0,02	-0,02	0,09	-0,25 [†]	-0,15	-0,03	-0,16
POL final	-0,29*	0,28*	0,35*	0,03	0,20	0,28*	-0,12
POL ganho	-0,34*	0,36**	0,35*	0,25 [†]	0,37**	0,37**	-0,01
Relação L:P inicial	0,25 [†]	-0,26 [†]	-0,28*	-0,15	-0,11	-0,17	0,43**
Relação L:P final	0,36**	-0,37**	-0,38**	-0,20	-0,28*	-0,33*	0,24 [†]
Relação L:P média	0,35**	-0,36**	-0,38**	-0,20	-0,23 [†]	-0,30*	0,37**
AOL inicial	0,12	-0,17	-0,04	-0,36**	-0,34**	-0,20 [†]	-0,18
AOL final	-0,03	0,01	0,19 [†]	-0,34**	-0,05	0,08	0,00
AOL ganho	-0,17	0,19 [†]	0,26*	-0,03	0,29*	0,30*	0,18 [†]
EGS inicial	-0,01	-0,01	0,08	-0,21*	-0,06	0,01	-0,05
EGS final	-0,07	0,05	0,19 [†]	-0,23*	0,05	0,13	0,05
EGS ganho	-0,08	0,06	0,18 [†]	-0,22*	0,06	0,14	0,06

^I LOL: largura máxima do olho de lombo; POL: profundidade máxima do olho de lombo; L:P: largura:profundidade do olho de lombo; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea

^{II} CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber; CAR: consumo alimentar residual

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

As relações L:P inicial, final e média foram influenciadas pelas medidas de POL inicial e final, que não diferiram (P = 0,5821 e P = 0,4940) entre as classes de eficiência e não apresentaram correlação com o CAR, mas foram ligeiramente superiores na classe eficiente (TABELA 20 e TABELA 21). As medidas de POL inicial e final nessa classe foram 0,3 e 0,5 cm superiores às da classe ineficiente (4,5 vs. 4,2 cm e 5,4 vs. 4,9 cm respectivamente) (TABELA 20). Os valores estatisticamente inferiores de LOL inicial, e numericamente superiores de POL inicial e final na classe eficiente em relação à classe ineficiente determinaram as menores relações L:P inicial, final e média do olho de lombo nos tourinhos eficientes. Considerando as

diferenças estatísticas (relações L:P inicial e média) e numéricas (relação L:P final) dessas características entre as classes de eficiência e as suas correlações com o CAR, observou-se que a melhoria da eficiência alimentar com base nesta característica reduz linearmente a relação L:P do olho de lombo dos tourinhos.

Esses resultados mostram que a variação do CAR modifica a morfologia do músculo *L. dorsi* dos tourinhos. Nessa condição, a diminuição da relação L:P do olho de lombo com a melhoria da eficiência para CAR determina a forma arredondada do músculo *L. dorsi* em tourinhos eficientes. Essa forma indica um maior potencial de desenvolvimento muscular do que a forma ovalada ou alongada, pois é caracterizada pela maior POL no músculo *L. dorsi*. Essa medida pode ser utilizada para estimar a AOL com maior acurácia do que a LOL, demonstrando a sua forte relação com o desenvolvimento muscular em bovinos (Crews Jr., 2001).

O CAR apresentou correlação positiva e baixa com o ganho em AOL ($r = 0,18$) (TABELA 21), indicando que a melhoria da eficiência para CAR determina a diminuição do ganho em AOL nos tourinhos. Isso foi evidenciado nas classes de eficiência, em que os tourinhos eficientes apresentaram menor ganho em AOL que os intermediários e ineficientes (TABELA 20). A magnitude da correlação entre CAR e ganho em AOL registrada no presente estudo foi semelhante à reportada por Lancaster et al. (2009) em tourinhos da raça Angus ($r = 0,17$). Em ambos os estudos a correlação positiva e significativa entre CAR e ganho em AOL é justificada pela maior intensidade de desenvolvimento muscular dos tourinhos intermediários e ineficientes comparados aos eficientes durante o período experimental.

O CAR não apresentou correlação com as medidas iniciais e finais de AOL e EGS, e com o ganho em EGS (TABELA 21). Essas características são influenciadas pelas variações no PC dos tourinhos, sendo que o PMM apresentou correlações positivas e moderadas ($P < 0,01$) com AOL inicial ($r = 0,60$) e final ($r = 0,59$), e com EGS inicial ($r = 0,44$), final ($r = 0,42$) e ganho em EGS ($r = 0,37$). O CAR é fenotipicamente independente do PMM e do GMD, pois essas características são utilizadas para estimar o consumo de alimento (Herd e Arthur, 2009). Assim, as características que apresentam correlação moderada a alta com o PMM e com o GMD, geralmente, não têm correlação com o CAR. Ainda, essas correlações confirmam que a composição corporal dos tourinhos é pouco influenciada pelo CAR na fase de crescimento.

As características de eficiência alimentar que foram avaliadas além do CAR apresentaram correlação baixa a moderada com os ganhos em LOL (exceto EMant e TK) e em POL, com POL final (exceto EPC e TCR) e com as relações L:P final e média do olho de lombo (exceto EPC para ambas) (TABELA 21). Os sentidos dessas correlações indicam que o aumento da eficiência baseado na CA, EAB, EMant, EPC, TCR e TK está relacionado com o maior desenvolvimento muscular dos tourinhos. A deposição de tecido muscular demanda menos energia do que a deposição de tecido adiposo (5,7 vs. 9,4 kcal/g), sendo que aproximadamente 60% da energia metabolizável consumida por bovinos em crescimento é direcionada para a deposição tecidual NRC (2000). Ao contrário do CAR, as demais características de eficiência são fenotipicamente dependentes do GMD, o que é confirmado pelas correlações altas ($P < 0,0001$) dessa característica com CA ($r = -0,71$), EAB ($r = 0,71$), EMant ($r = 0,91$), TCR ($r = 0,72$) e TK ($r = 0,83$). Registrou-se, também, correlações moderadas a altas ($P < 0,01$) entre CMS e EMant ($r = 0,42$), EPC ($r = -0,61$) e TK ($r = 0,35$). Portanto, o aumento da musculabilidade depende de um menor consumo de alimento, devido a menor demanda energética para deposição de tecido muscular, e imprime maior GMD nos tourinhos, melhorando a eficiência para as características de eficiência alimentar que foram avaliadas além do CAR.

Conforme observado para o CAR, a melhoria da eficiência para CA, EAB, EMant, TCR e TK altera a morfologia do músculo *L. dorsi*. Essas características apresentaram correlação baixa a moderada com LOL inicial (TABELA 21), em que a melhoria da eficiência alimentar esteve associada com a diminuição dessa medida no músculo *L. dorsi*. Por outro lado, a melhoria da eficiência alimentar para essas características não alterou a LOL final, mas determinou o aumento da POL final (exceto para TCR) e do ganho em POL. Nessa condição, as relações L:P final e média diminuíram, conferindo a forma arredondada ao olho de lombo e, dessa forma, um maior potencial de desenvolvimento muscular aos tourinhos. Isso foi evidenciado pela correlação baixa, porém significativa, entre ganho em AOL e CA, EAB, EMant, TCR e TK, em que a melhoria da eficiência para essas características esteve associada com o aumento do ganho em AOL nos tourinhos.

A EMant apresentou correlação positiva e baixa com AOL final ($r = 0,19$) e ganho em AOL ($r = 0,26$), e com EGS final ($r = 0,19$) e ganho em EGS ($r = 0,18$) (TABELA 21). Essas correlações demonstram que a EMant é influenciada pela composição do ganho de PC dos tourinhos. O GMD apresentou correlação positiva

e baixa a moderada ($P < 0,05$) com AOL final ($r = 0,39$) e ganho em AOL ($r = 0,26$), e com EGS final ($r = 0,33$) e ganho em EGS ($r = 0,31$). Dessa forma, o aumento do GMD esteve associado com o aumento do desenvolvimento muscular e da deposição de gordura de cobertura na carcaça dos tourinhos, o que é esperado em bovinos que apresentam alto desempenho na fase de crescimento, pois atingem a maturidade corporal precocemente (Owens et al., 1995). Como a composição do ganho de PC é influenciada pela intensidade do GMD, e este apresentou correlação positiva e alta com EMant ($r = 0,91$), o aumento da eficiência alimentar com base nessa característica também esteve associada com as mudanças no perfil de deposição de músculo e gordura na carcaça dos tourinhos.

A EPC apresentou correlação negativa e moderada com AOL inicial ($r = -0,36$) e final ($r = -0,34$), e correlação negativa e baixa com EGS inicial ($r = -0,21$), final ($r = -0,23$) e ganho em EGS ($r = -0,22$) (TABELA 21). A relação entre EPC e EGS também foi reportada em estudos realizados com novilhos puros e mestiços da raça Angus, que descrevem correlações negativas e baixas a moderadas da EPC com EGS final ($r = -0,14$ a $r = -0,25$) e com ganho em EGS ($r = -0,11$ a $r = -0,30$) (Nkrumah et al., 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009).

Não houve correlação entre GMD e EPC, mas essa característica de eficiência alimentar apresentou correlação negativa e moderada com o PMM ($r = -0,59$; $P < 0,0001$), o que indica que a eficiência para EPC aumenta à medida que o PC dos tourinhos diminui. Para a obtenção da EPC, o CMS direcionado para a manutenção (CMS_{MANT}) e para o crescimento ou ganho de peso (CMS_{GANHO}) foram previamente calculados, pois a EPC corresponde à razão entre GMD e CMS_{GANHO} . Entretanto, a EPC apresentou correlação ($P < 0,0001$) negativa e alta com CMS_{MANT} ($r = -0,97$), e negativa e moderada com CMS_{GANHO} ($r = -0,38$), o que demonstra que o aumento da eficiência para essa característica é mais dependente da diminuição da exigência nutricional para atender a demanda de manutenção, do que para atender a demanda para crescimento ou ganho de peso dos tourinhos. A correlação positiva e alta ($P < 0,0001$) entre CMS_{MANT} e PMM ($r = 0,70$) indicou que a exigência de manutenção aumenta à medida que o PC dos tourinhos aumenta, ou vice-versa. Portanto, a correlação negativa entre EPC e PMM é explicada pela diminuição da exigência de manutenção e, por consequência, do CMS_{MANT} com a diminuição do PC dos tourinhos. As medidas de AOL e EGS inicial e final, e o ganho em EGS também diminuem com

a diminuição do PC dos tourinhos, o que justifica, também, as correlações negativas registradas entre essas características de carcaça e a EPC.

A composição do ganho de PC também influencia a eficiência para EPC, pois ocorre intensa deposição de tecido muscular e baixa deposição de tecido adiposo em bovinos com baixo PC que estão em fase de crescimento (Owens et al., 1995). Como a demanda energética para a deposição de tecido muscular é menor do que para a deposição de tecido adiposo (NRC, 2000), os tourinhos mais eficientes para EPC são aqueles que iniciam a fase de crescimento mais leves, com menor musculosidade e menor cobertura de gordura na carcaça, mas que expressam alto potencial de desenvolvimento muscular nessa fase. Nessa condição, a manutenção de baixas taxas de degradação proteica nos músculos (que estariam envolvidas com o *turnover* proteico nesse tecido) evitaria o aumento da exigência de manutenção dos animais (Castro Bulle et al., 2007), favorecendo o aumento da eficiência para EPC.

4. CONCLUSÃO

A melhoria da eficiência alimentar baseada no consumo alimentar residual está relacionada com o aumento do potencial de seleção de alimentos concentrados por touros em crescimento, quando estes animais são alimentados em confinamento com dietas compostas por volumoso e concentrado.

Na faixa de 233 a 360 kg de peso corporal, a melhoria da eficiência para consumo alimentar residual está relacionada com o aumento da musculosidade em touros Purunã em crescimento. Além disso, a forma arredondada do músculo *Longissimus dorsi* em tourinhos eficientes confere um maior potencial de desenvolvimento muscular à esses animais, que poderá ser expresso até que a maturidade corporal seja alcançada.

A melhoria da eficiência para conversão alimentar, eficiência alimentar bruta, eficiência de manutenção, eficiência parcial de crescimento, taxa de crescimento relativo e taxa de Kleiber também está condicionada ao maior potencial de seleção de alimentos concentrados em confinamento, e ao aumento da musculosidade de touros Purunã na fase de crescimento. Portanto, a melhoria da eficiência para consumo alimentar residual pode melhorar indiretamente a eficiência para as outras características de eficiência alimentar que foram avaliadas nos tourinhos.

5. REFERÊNCIAS

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.

CASTRO BULLE, F.C.P.; PAULINO, P.V.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.928-936, 2007.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.469-474, 2004.

COZZI, G.; GOTTARDO, F. Feeding behaviour and diet selection of finishing Limousin bulls under intensive rearing system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.91, p.181-192, 2005.

CREWS JR., D.H. Alternative ultrasound predictors of beef carcass longissimus muscle area. **Professional Animal Scientist**, v.17, p.303-308, 2001

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2007. 462p.

GOLDEN, J.W.; KERLEY, M.S.; KOLATH, W.H. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.180-186, 2008.

HEINRICHS, P. J.; KONONOFF, P. J. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Cooperative extension. University Park: Pennsylvania State University/Department of Dairy and Animal Science, 2002. 14p.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.87, p.E64-E71, 2009.

KELLY, A.K.; McGEE, M.; CREWS JR., D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, A.R. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal Animal Science**, v.88, p.109-123, 2010.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS JR, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1539, 2009.

MAGNANI, E.; NASCIMENTO, C.F.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M.; RIBEIRO, E.G.; MERCADANTE, M.E.Z. Relações entre consumo alimentar residual, comportamento ingestivo e digestibilidade em novilhas Nelore. **Boletim da Indústria Animal**, v.70, n.2, p.187-194, 2013.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.85, 2711-2720, 2007.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; ROMANO, M.A.; LUSTOSA, S.B.C. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.2, p.462-473, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.rev.ed. Washington: National Academy Press, 2000. 248p.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3152-3172, 1995.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p.299-322.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.

SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ – SIMEPAR. 2014.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Statistical Analysis System user's guide**, version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute, 2002. 513p.

CAPÍTULO IV – DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA AVALIADAS POR ULTRASSONOGRAFIA EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE CONSUMO E GANHO RESIDUAL

RESUMO

O consumo e ganho residual (CGR) é um índice composto pelo consumo alimentar residual (CAR) e pelo ganho de peso residual (GR), características que são utilizadas para avaliar a eficiência alimentar e produtiva de bovinos. Avaliaram-se as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar, e as características de carcaça de touros em crescimento com eficiência divergente para CGR. Foram utilizados 110 tourinhos Purunã com 10 meses de idade e 233 kg de peso corporal (PC), que foram alimentados à vontade por 112 dias com dieta composta por 580 g/kg de silagem de milho e 420 g/kg de concentrado, em base de matéria seca (MS). O PC inicial, final e médio não diferiram entre as classes de eficiência para CGR. O ganho médio diário (GMD) na classe ineficiente (1,02 kg/dia) foi inferior ao das classes intermediária e eficiente (média de 1,19 kg/dia). O consumo de MS em relação ao PC (CMS_{PC}) e direcionado para a manutenção (CMS_{MANT}) foram menores na classe eficiente comparada com a ineficiente (2,50 vs. 2,65% do PC/dia e 3,24 vs. 3,77 kg/dia). O CAR diminuiu de 0,41 para -0,41 kg de MS/dia, e o GR aumentou de -0,15 para 0,15 kg de PC/dia da classe ineficiente para a eficiente. O aumento do CGR diminuiu a conversão alimentar (CA) em 23% e aumentou a eficiência alimentar bruta (EAB) em 28%, a eficiência de manutenção (EMant) em 37%, a eficiência parcial de crescimento (EPC) em 21%, a taxa de crescimento relativo (TCR) em 20% e a taxa de Kleiber (TK) em 21%. A relação entre largura e profundidade (L:P) do olho de lombo foi menor na classe eficiente comparada com a ineficiente. As medidas iniciais e finais, e os ganhos em área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) foram semelhantes entre as classes de eficiência. A melhoria da eficiência para CGR diminuiu a exigência de manutenção de touros em crescimento, o que determina a diminuição do consumo de alimento em relação ao PC e o aumento do ganho de peso diário desses animais. A composição da carcaça de touros Purunã em fase de crescimento não se altera com a melhoria da eficiência para CGR, porém a forma arredondada do músculo *Longissimus dorsi* confere um maior potencial de desenvolvimento muscular aos tourinhos eficientes para CGR.

Palavras-chave: bovinos de corte, consumo alimentar residual, exigência de manutenção, ganho médio diário, olho de lombo

CHAPTER IV – PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS EVALUATED BY ULTRASONOGRAPHY IN PURUNÃ GROWING BULLS OF THREE GROUPS OF RESIDUAL INTAKE AND BODY WEIGHT GAIN

ABSTRACT

Residual intake and body weight (BW) gain (RIG) is an index composed by residual feed intake (RFI) and by residual BW gain (RG), which are measures used to assess the feed efficiency and the productive efficiency of cattle. The purpose of this study was to evaluate the performance, feed intake and feed efficiency traits, and also the carcass traits of growing bulls with divergent efficiency for RIG. A hundred and ten Purunã growing bulls with 10 months of age and 233 kg of body weight (BW) were fed *ad libitum* for 112 days with diet composed by 580 g/kg of corn silage and 420 g/kg of concentrate on dry matter (DM) basis. Initial, final and mean BW did not differ among the efficiency groups for RIG. The average daily gain (ADG) in the inefficient group (1.02 kg/d) was lower than intermediary and efficient groups (1.19 kg/d on average). DM intakes relative to BW (DMI_{BW}) and for maintenance (DMI_M) in the efficient group were lower than inefficient group (2.50 vs. 2.65% BW/d and 3.24 vs. 3.77 kg/d). RFI decreased from 0.41 to -0.41 kg DM/d and RG increased from -0.15 to 0.15 kg BW/d from the inefficient to efficient groups. The increase in RIG reduced the feed conversion ratio (FCR) in 23% and increased the gross feed efficiency (GFE) in 28%, the maintenance efficiency (ME_{eff}) in 37%, the partial efficiency of growth (PEG) in 21%, the relative growth rate (RGR) in 20% and the Kleiber ratio (KR) in 21%. The width:depth (W:D) ratio of rib eye was lower in the efficient group compared to the inefficient group. The Initial and final measures, and gains in rib eye area (REA) and backfat thickness (BFT) were similar among efficiency groups. Improvement of efficiency for RIG reduces the maintenance requirements of growing bulls, which determines the decrease of feed intake relative to BW and the increase in daily body weight gain of these animals. The carcass composition of Purunã growing bulls is not influenced by the improvement of efficiency for RIG, but the rounded shape of *Longissimus dorsi* muscle indicates a high potential of muscular development in growing bulls efficient for RIG.

Keywords: average daily gain, beef cattle, maintenance requirements, residual feed intake, rib eye

1. INTRODUÇÃO

A eficiência alimentar de bovinos tem sido avaliada com base no consumo alimentar residual (CAR), pois essa característica permite a identificação de animais que consomem menos alimento para um nível de produção pré-estabelecido (Koch et al., 1963). Entre as vantagens do CAR, destacam-se a independência fenotípica dessa característica em relação ao peso corporal (PC) e a sua herdabilidade moderada em bovinos (Herd e Arthur, 2009). No entanto, bovinos eficientes para CAR podem apresentar crescimento lento, uma vez que os animais que consomem pouco alimento podem ser eficientes para essa característica e expressar um baixo ganho médio diário – GMD (Berry e Crowley, 2012). Além disso, o aumento da eficiência para CAR pode modificar a composição corporal de bovinos, diminuindo a deposição de gordura de cobertura na carcaça (Nkrumah et al., 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009). Portanto, bovinos eficientes para CAR podem atingir tardiamente o peso e o grau de acabamento adequados para abate, o que não é interessante sob o ponto de vista econômico.

As desvantagens relacionadas com o aumento da eficiência para CAR (baixo GMD e baixa deposição de gordura de cobertura na carcaça) poderiam ser amenizadas, ou até mesmo eliminadas, pela associação do CAR com uma medida ou característica que expresse o potencial de ganho de peso dos animais. Nesse caso, a combinação do CAR com o ganho de peso residual (GR) é uma alternativa, pois essa medida de eficiência produtiva permite a identificação de animais que apresentam maior GMD que o estimado a partir do PC e do consumo diário alimento (Koch et al., 1963). Apesar de apresentar herdabilidade baixa ($h^2 = 0,28$), o GR tem correlação genética positiva e alta com o GMD ($r_g = 0,82$) (Crowley et al., 2010).

A combinação do CAR com o GR em um único índice denominado consumo e ganho residual (CGR) foi proposto por Berry e Crowley (2012) com o objetivo de identificar animais que apresentam, simultaneamente, baixo consumo de alimento e alto GMD. Os animais com alto CGR têm alta eficiência alimentar, pois consomem menos alimento que o estimado a partir do PC e do GMD, e também alta eficiência produtiva, uma vez que apresentam maior GMD que o estimado a partir do PC e do consumo diário de alimento. De fato, alguns estudos demonstram que o CGR é efetivo na identificação de aves (Willems et al., 2013) e bovinos (Berry e Crowley, 2012; Chaves, 2013) com maior eficiência alimentar e produtiva.

Considerando que o CGR é um índice composto por um fator de ajuste para eficiência alimentar (CAR) e outro para eficiência produtiva (GR), Berry e Crowley (2012) sugeriram que aumento da eficiência para CGR não afeta a composição corporal de bovinos. Entretanto, as informações sobre a relação do CGR com o desempenho e a composição corporal de bovinos são ainda escassas na literatura. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar, e as características de carcaça de touros Purunã em crescimento com eficiência alimentar divergente para CGR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental, as avaliações de consumo, desempenho e de eficiência alimentar foram descritos nos subitens 2.1 e 2.2, item 2 do Capítulo I; e a avaliação das características de carcaça dos tourinhos Purunã foi descrita no subitem 2.2, item 2 do Capítulo III desta tese.

2.1. AVALIAÇÃO DO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)

O CGR foi calculado a partir do CAR e do GR, que foram determinados com base no peso médio metabólico (PMM), no consumo diário de MS (CMS) e no ganho médio diário (GMD) dos tourinhos. O CAR correspondeu à diferença entre CMS e o consumo de MS estimado (CMS_{EST}) com base no PMM e no GMD; já o GR correspondeu a diferença entre o GMD e o GMD estimado (GMD_{EST}) com base no PMM e no CMS. O CAR e o GR foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Koch et al. (1963), obtendo-se os seguintes modelos de regressão para CMS_{EST} e GMD_{EST} :

$$CMS_{ESTi} = \beta_0 + \beta_1 * PMM_i + \beta_2 * GMD_i$$

onde CMS_{ESTi} = CMS_{EST} (kg/dia) para o animal i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = coeficiente parcial da regressão para PMM; PMM_i = PMM (kg) do animal i ; β_2 = coeficiente parcial da regressão para GMD; e GMD_i = GMD (kg/dia) do animal i ;

$$\text{GMD}_{\text{EST}i} = \beta_0 + \beta_1 * \text{PMM}_i + \beta_2 * \text{CMS}_i$$

onde $\text{GMD}_{\text{EST}i}$ = GMD_{EST} (kg/dia) para o animal i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = coeficiente parcial da regressão para PMM; PMM_i = PMM (kg) do animal i ; β_2 = coeficiente parcial da regressão para CMS; e CMS_i = CMS (kg/dia) do animal i .

As equações de CMS_{EST} e GMD_{EST} foram geradas pelo PROC GLM no programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.0). Como o conjunto de dados utilizado neste estudo foi obtido em dois anos distintos (2011 e 2012) e de animais mantidos em três confinamentos diferentes durante o período experimental, os efeitos fixos de ano e de confinamento foram considerados na obtenção das equações de CMS_{EST} e de GMD_{EST} . O efeito de ano foi significativo ($P < 0,05$) nas duas equações, enquanto o efeito de confinamento foi significativo ($P < 0,05$) apenas na equação de GMD_{EST} . As equações foram ajustadas para esses efeitos fixos pelos fatores de ajuste do intercepto (FAI) que são apresentados na TABELA 22.

TABELA 22 - DESCRIÇÃO DOS EFEITOS FIXOS, ANIMAIS AVALIADOS EM FUNÇÃO DOS EFEITOS FIXOS E FATORES DE AJUSTE DO INTERCEPTO (FAI) DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS_{EST}) E DO GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD_{EST}) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

EFEITO FIXO	DESCRIÇÃO	ANIMAIS AVALIADOS (n)	FAI	
			CMS_{EST}	GMD_{EST}
Ano	2011	60	0,286	0,126
	2012	50	0,000	0,000
Confinamento	1 (36 baias individuais)	35	-	-0,015
	2 (24 baias individuais)	16	-	0,119
	3 (42 baias individuais)	59	-	0,000

FONTE: o autor (2014)

O CMS_{EST} e o GMD_{EST} foram calculados para cada animal pelas equações:

$$\text{CMS}_{\text{EST}} = -1,105 + \text{FAI}_{\text{ANO}} + 0,091 * \text{PMM} + 1,853 * \text{GMD} \quad R^2 = 0,87$$

$$\text{GMD}_{\text{EST}} = 0,024 + \text{FAI}_{\text{ANO}} + \text{FAI}_{\text{CONF}} - 0,009 * \text{PMM} + 0,217 * \text{CMS} \quad R^2 = 0,67$$

onde FAI_{ANO} e FAI_{CONF} correspondem aos fatores de ajuste do intercepto para os efeitos fixos de ano e confinamento, respectivamente.

Os valores obtidos para CAR e GR foram padronizados para variância 1 e, posteriormente, o CGR foi calculado multiplicando-se os valores de CAR por -1 e somando-os aos valores de GR, conforme descrito por Berry e Crowley (2012). Após

o cálculo do CGR, os animais foram divididos em três classes de eficiência cujos limites são $\pm 75\%$ do desvio padrão (DP) registrado para CGR. Assim, os animais foram classificados como eficientes ($CGR > 0,75 * DP_{CGR}$), intermediários ($-0,75 * DP_{CGR} < CGR < +0,75 * DP_{CGR}$) e ineficientes ($CGR < -0,75 * DP_{CGR}$).

2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Modelo Linear Geral (PROC GLM) em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que corresponderam às três classes de CGR. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} = valor da variável resposta da j -ésima observação na i -ésima classe; μ = valor médio da variável resposta independente do efeito de classe (constante); C_i = efeito da i -ésima classe; ε_{ij} = erro aleatório da j -ésima observação na i -ésima classe. As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) entre as classes foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Análise de correlação de Pearson (PROC CORR) foi realizada entre CGR e as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar, utilizando-se a opção *partial* para ajustar os coeficientes de correlação aos efeitos fixos de ano e de instalação experimental. Nessa análise foi adotado o nível de significância de 10%.

As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O GMD na classe ineficiente correspondeu a 1,02 kg/dia e foi inferior as classes intermediária e eficiente, que não diferiram entre si e apresentaram média de 1,19 kg/dia (TABELA 23). Apesar dessas diferenças, o PC inicial, final e médio, e o PMM não diferiram entre as classes de eficiência. Isso ocorreu devido ao CAR e o GR serem fenotipicamente independentes do PMM (TABELA 24), pois este é utilizado no cálculo dessas características de eficiência alimentar.

TABELA 23 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) DAS CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)

CARACTERÍSTICA ¹	CLASSE DE EFICIÊNCIA			P
	EFICIENTE (CGR ALTO)	INTERMEDIÁRIA (CGR MÉDIO)	INEFICIENTE (CGR BAIXO)	
Número de animais (n)	26	55	29	-
Peso corporal inicial (kg)	226,3 ± 8,3	231,5 ± 5,7	241,9 ± 7,9	0,3730
Peso corporal final (kg)	361,5 ± 10,3	361,7 ± 7,0	356,1 ± 9,7	0,8873
Peso corporal médio (kg)	293,9 ± 9,1	296,6 ± 6,2	299,0 ± 8,6	0,9196
PMM (kg)	70,8 ± 1,6	71,3 ± 1,1	71,8 ± 1,5	0,9115
GMD (kg/dia)	1,21 ± 0,04 a	1,16 ± 0,03 a	1,02 ± 0,04 b	0,0023
CMS (kg/dia)	7,28 ± 0,20	7,68 ± 0,14	7,86 ± 0,19	0,1029
CMS _{PC} (% PC/dia)	2,50 ± 0,04 b	2,60 ± 0,03 ab	2,65 ± 0,04 a	0,0347
CMS _{PM} (% PM/dia)	10,29 ± 0,16 b	10,77 ± 0,11 a	10,98 ± 0,15 a	0,0069
CMS _{MANT} (kg/dia)	3,24 ± 0,05 c	3,45 ± 0,04 b	3,77 ± 0,05 a	< 0,0001
CMS _{GANHO} (kg/dia)	4,05 ± 0,17	4,23 ± 0,12	4,10 ± 0,16	0,6280

¹PMM: peso médio metabólico; GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca (MS); CMS_{PC}: consumo de MS em relação ao peso corporal (PC); CMS_{PM}: consumo de MS em relação ao peso metabólico (PM); CMS_{MANT}: consumo de MS estimado para manutenção; CMS_{GANHO}: consumo de MS estimado para crescimento

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,10)

FONTE: o autor (2014)

TABELA 24 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CONSUMO ALIMENTAR, E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ¹	CAR	GR	CGR
Peso corporal inicial	0,00	-0,20*	-0,11
Peso corporal final	0,00	0,15	0,08
Peso corporal médio	0,00	0,00	0,00
PMM	0,00	0,00	0,00
GMD	0,00	0,60***	0,33**
CMS	0,37***	0,00	-0,21*
CMS _{PC}	0,73***	0,00	-0,41***
CMS _{PM}	0,74***	0,00	-0,41***
CMS _{MANT}	0,49***	-0,67***	-0,65***
CMS _{GANHO}	0,27**	0,24*	-0,02

¹PMM: peso médio metabólico; GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca (MS); CMS_{PC}: consumo de MS em relação ao peso corporal (PC); CMS_{PM}: consumo de MS em relação ao peso metabólico (PM); CMS_{MANT}: consumo de MS estimado para manutenção; CMS_{GANHO}: consumo de MS estimado para crescimento

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

Ao utilizar o CAR e o GR em seu cálculo, o CGR também se torna fenotipicamente independente do PMM, o que é confirmado pela ausência de correlação entre CGR e PMM (TABELA 24). Isso explica a semelhança do PC inicial, final e médio dos tourinhos entre as classes de eficiência (TABELA 23), uma vez que essas características estão diretamente relacionadas com PMM. Resultados semelhantes foram relatados por Chaves (2013) em bovinos da raça Nelore com eficiência divergente para CGR.

O CMS não diferiu entre as classes de eficiência (TABELA 23), o que é explicado pela independência fenotípica dessa característica em relação ao GR, e pelo baixo DP registrado para CAR no grupo de tourinhos avaliado. O CMS foi utilizado no cálculo do GR e, portanto, não apresentou correlação com essa característica de eficiência (TABELA 24). Por outro lado, o CMS apresentou correlação positiva e moderada com o CAR ($r = 0,37$) (TABELA 24), indicando que o aumento da eficiência para essa característica leva a diminuição do consumo de alimento pelos tourinhos. No entanto, o DP para CAR foi $\pm 0,37$ kg de MS/dia, valor que é consideravelmente menor que os observados em outros estudos realizados com bovinos ($\pm 0,66$ kg de MS/dia, Basarab et al., 2003; $\pm 0,88$ kg de MS/dia, Nkrumah et al., 2007; $\pm 0,78$ kg de MS/dia, Lancaster et al., 2009). Isso mostra que, embora o CMS se altere entre tourinhos com eficiência alimentar divergente para CAR, a magnitude da diferença no CMS entre tourinhos eficientes e ineficientes para CAR é baixa (consultar o Capítulo I). Como o CAR e o GR representam frações equivalentes do CGR, pois ambos são previamente padronizados para variância 1 antes de serem utilizados no cálculo desta característica de eficiência, a semelhança do CMS entre as classes de eficiência está relacionada, principalmente, com a baixa variabilidade do CAR na população de tourinhos Purunã que foi avaliada.

Ao relacionar os valores de CGR com os valores de CMS e GMD registrados para cada animal (FIGURA 8 e FIGURA 9), observou-se uma relação fraca do CGR com essas características. Isso é reforçado pela correlação baixa a moderada do CGR com o CMS ($r = -0,21$) e o GMD ($r = 0,33$) (TABELA 24). Esses resultados mostram a influência da independência fenotípica do CAR em relação ao GMD, e do GR em relação ao CMS no GGR.

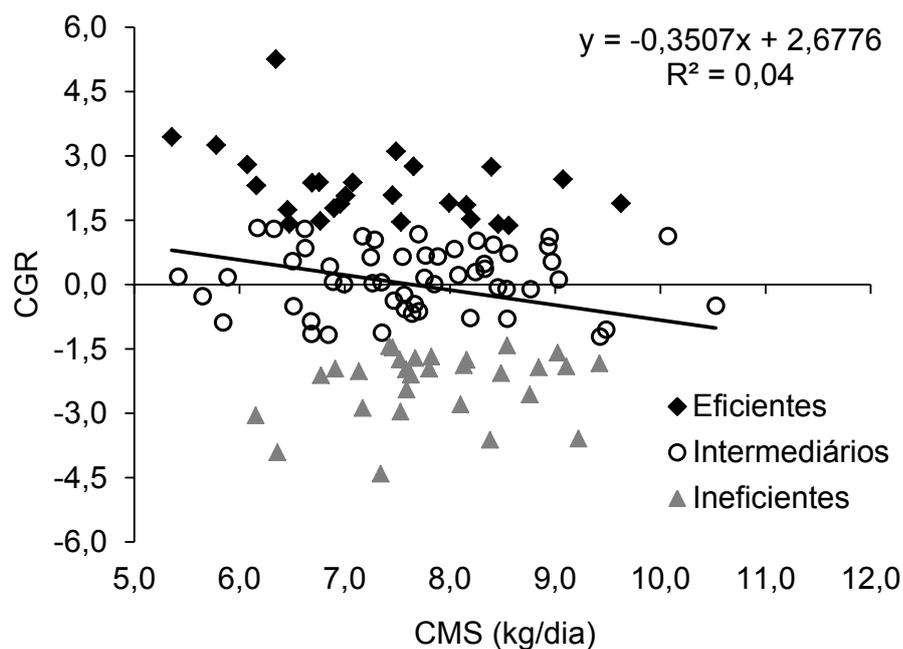


FIGURA 8 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR

FONTE: o autor (2014)

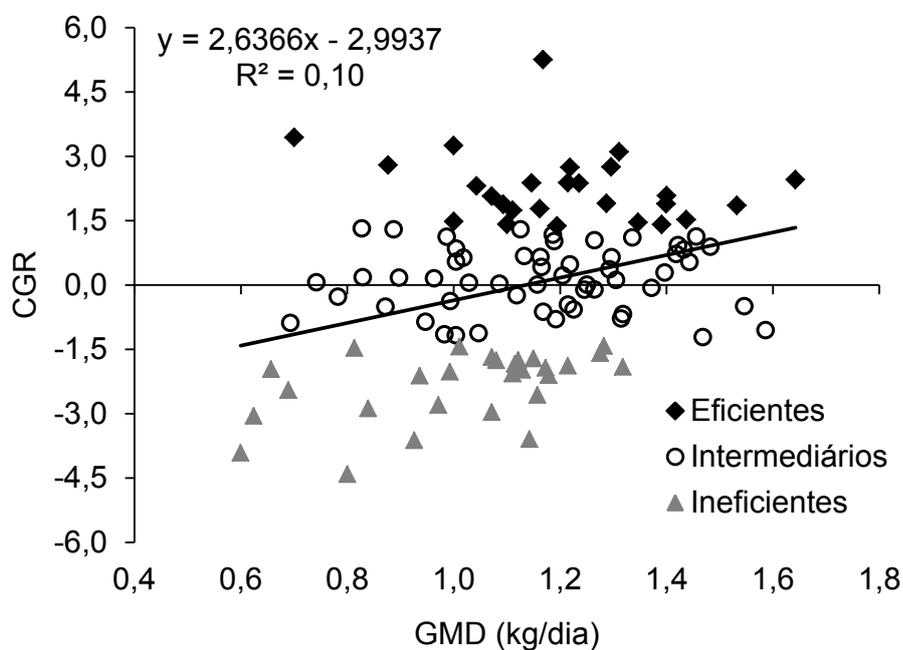


FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR

FONTE: o autor (2014)

Os valores mínimo e máximo de CMS registrados para os tourinhos eficientes foram 5,36 e 9,63 kg de MS/dia, e para os tourinhos ineficientes foram 6,15 e 9,42 kg de MS/dia (FIGURA 8). Já os valores mínimo e máximo de GMD foram 0,70 e 1,64 kg de PC/dia para tourinhos eficientes, e 0,60 e 1,32 kg de PC/dia para os tourinhos ineficientes (FIGURA 9). Embora a amplitude de variação para CMS e GMD tenha sido alta nas classes eficiente e ineficiente, verificou-se que o CGR foi efetivo na identificação de tourinhos que consomem menos alimento e expressam alto ganho de peso.

Apesar de não ter diferido estatisticamente ($P = 0,1029$) entre as classes de eficiência, o CMS na classe eficiente foi 0,58 kg/dia menor que na classe ineficiente (7,28 vs. 7,86 kg/dia) (TABELA 23). Essa diferença influenciou o CMS_{PC} e o CMS_{PM} , pois o PC médio e o PMM foram semelhantes entre as classes de eficiência. O CMS_{PC} e o CMS_{PM} na classe eficiente foram 0,15% do PC/dia e 0,69% do PM/dia menores que na classe ineficiente (2,50 vs. 2,65% do PC/dia e 10,29 vs. 10,98% do PM/dia) (TABELA 23). A classe intermediária foi semelhante às demais para CMS_{PC} , e semelhante à classe ineficiente para CMS_{PM} , apresentando valores médios de 2,60% do PC/dia e 10,77% do PM/dia (TABELA 23).

O CMS_{MANT} na classe eficiente foi 0,21 e 0,53 kg/dia inferior às classes intermediária e ineficiente, respectivamente (3,24 vs. 3,45 e 3,77 kg/dia) (TABELA 23). Já o CMS_{GANHO} não diferiu entre as classes de eficiência e apresentou valor médio de 4,13 kg/dia. O menor CMS_{MANT} na classe eficiente mostra a influência do CAR e do GR na diminuição da exigência de manutenção em tourinhos eficientes para CGR. Isso é confirmado pela correlação moderada a alta do CMS_{MANT} com o CAR ($r = 0,49$) e o GR ($r = -0,67$) (TABELA 24). O CMS_{GANHO} apresentou correlação positiva e baixa com CAR ($r = 0,27$) e GR ($r = 0,24$) (TABELA 24).

A magnitude dessas correlações mostra que o aumento da eficiência para CAR tem maior impacto na diminuição do CMS_{MANT} que na diminuição do CMS_{GANHO} dos tourinhos. Já o aumento da eficiência para GR também diminui expressivamente o CMS_{MANT} , mas aumenta o CMS_{GANHO} . É interessante ressaltar que o GR não teve correlação com o consumo total de alimento (CMS), mas foi correlacionado com as frações deste que foram direcionadas para a manutenção (CMS_{MANT}) e para o crescimento (CMS_{GANHO}) dos tourinhos. Isso demonstra que bovinos com eficiência divergente para GR têm diferentes demandas nutricionais para atender as necessidades de manutenção e de crescimento.

O aumento da eficiência para CGR diminui a exigência de manutenção dos tourinhos, o que é confirmado pelo menor CMS_{MANT} na classe eficiente (TABELA 23) e pela correlação negativa e alta dessa característica com o CGR ($r = -0,65$) (TABELA 24). Esses resultados indicam que o CGR é influenciado pelos mesmos fatores biológicos que influenciam o CAR. Nessa condição, o menor CMS_{MANT} está relacionado com a menor intensidade de atividade física, com o menor incremento calórico determinado pela alimentação e com o menor gasto energético envolvido em processos metabólicos a nível tecidual (Herd e Arthur, 2009).

A menor intensidade de atividade física observada em bovinos eficientes para CAR é atribuída ao menor tempo despendido em atividades relacionadas com a alimentação, como caminhar, manter-se em pé, selecionar o alimento no cocho e mastigar (Lancaster et al., 2009; Kelly et al., 2010). Além disso, o menor consumo de alimento e a ingestão de dietas com maior proporção de concentrado (consultar o Capítulo III) ocasionam a diminuição do incremento calórico pela alimentação em bovinos eficientes comparados aos ineficientes (Richardson et al., 2001; Basarab et al., 2003). Por fim, bovinos eficientes para CAR têm metabolismo energético mais eficiente, caracterizado pelo menor *turnover* proteico no tecido muscular (Richardson et al., 2001; Castro-Bulle et al., 2007); pela maior eficiência da transferência de elétrons na cadeia respiratória que ocorre nas mitocôndrias (Kolath et al., 2006); e pela menor dependência por glicose como substrato energético para atender a demanda energética dos tecidos (consultar o Capítulo II). A ação conjunta desses mecanismos leva a diminuição da demanda nutricional e energética para manutenção em bovinos eficientes para CAR e, por consequência, eficientes para CGR.

Conforme já era esperado, o CGR diferiu entre as três classes de eficiência e apresentou valores médios de 2,27; 0,14 e -2,31 pontos nas classes eficiente, intermediária e ineficiente, respectivamente (TABELA 25). A média e o DP do CGR foi $0,00 \pm 1,80$ pontos. A amplitude de variação dessa característica entre as classes de eficiência foi de 4,58 pontos, enquanto a amplitude de variação entre os tourinhos com menor e maior valor de CGR foi de 9,67 pontos (-4,41 vs. 5,26 pontos). Chaves (2013) observou DP e amplitude de variação individual menores para CGR em bovinos da raça Nelore, relatando valores de 1,66 e 8,37 pontos respectivamente.

TABELA 25 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) DAS CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)

CARACTERÍSTICA ¹	CLASSE DE EFICIÊNCIA			P
	EFICIENTE (CGR ALTO)	INTERMEDIÁRIA (CGR MÉDIO)	INEFICIENTE (CGR BAIXO)	
Número de animais (n)	26	55	29	-
CGR	2,27 ± 0,15 a	0,14 ± 0,11 b	-2,31 ± 0,14 c	< 0,0001
CAR (kg MS/dia)	-0,41 ± 0,05 c	-0,02 ± 0,03 b	0,41 ± 0,04 a	< 0,0001
GR (kg PC/dia)	0,15 ± 0,01 a	0,01 ± 0,01 b	-0,15 ± 0,01 c	< 0,0001
CA (kg MS/kg ganho)	6,10 ± 0,17 c	6,69 ± 0,12 b	7,93 ± 0,16 a	< 0,0001
EAB (g ganho/kg MS)	165,6 ± 3,1 a	150,9 ± 2,2 b	129,0 ± 3,0 c	< 0,0001
EMant (g ganho/kg MS manutenção)	373,9 ± 12,1 a	337,4 ± 8,3 b	273,7 ± 11,4 c	< 0,0001
EPC (g ganho/ kg MS crescimento)	301,6 ± 3,9 a	277,4 ± 2,7 b	248,7 ± 3,7 c	< 0,0001
TCR (%/dia)	0,18 ± 0,01 a	0,17 ± 0,00 a	0,15 ± 0,01 b	0,0008
TK (kg ganho/kg PM)	0,017 ± 0,001 a	0,016 ± 0,000 a	0,014 ± 0,001 b	0,0004

¹GR: ganho de peso residual; CAR: consumo alimentar residual; CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,10)
FONTE: o autor (2014)

Os resultados obtidos no presente estudo e por Chaves (2013) demonstram que o CGR apresenta variabilidade fenotípica em bovinos. Além disso, Berry e Crowley (2012) mostraram que o CGR apresenta herdabilidade moderada ($h^2 = 0,36$) em bovinos de raças taurinas, entre elas o Aberdeen Angus e o Charolês. Essas raças fazem parte da composição do Purunã, o que indica que o CGR deve apresentar variabilidade genotípica entre indivíduos desse grupo genético.

O CAR diminuiu de 0,41 para -0,41 kg de MS/dia, e o GR aumentou de -0,15 para 0,15 kg de PC/dia da classe ineficiente para a eficiente (TABELA 25), o que indica que a classificação com base no CGR permite a identificação de tourinhos que consomem menos alimento que o estimado em função do PMM e do GMD, e que, simultaneamente, ganham mais peso que o estimado em função do PMM e do CMS. Isso se torna mais evidente ao relacionar os valores de CGR com os valores de CAR e GR registrados para cada tourinho (FIGURA 10 e FIGURA 11).

Na FIGURA 10, os tourinhos eficientes se concentram no quadrante superior esquerdo, onde o CAR apresentou valores mínimo e máximo de -1,20 e -0,03 kg de MS/dia. Na FIGURA 11, os tourinhos eficientes se concentram no quadrante superior direito, onde os valores mínimo e máximo para GR foram 0,07 e 0,26 kg de PC/dia. Os valores mínimo e máximo registrados para CGR entre os tourinhos eficientes foram 1,38 e 5,26 pontos.

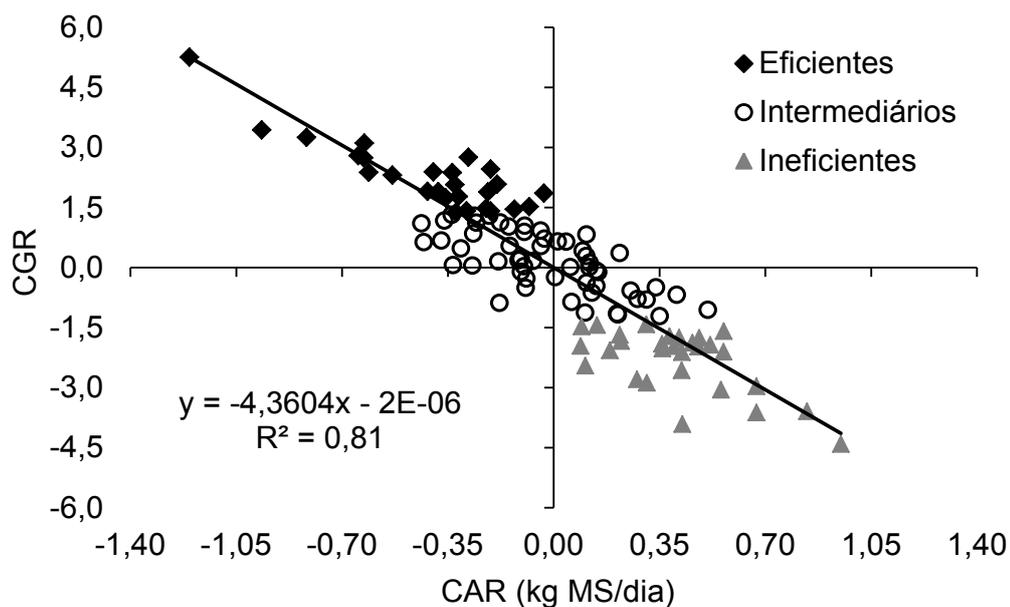


FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR

FONTE: o autor (2014)

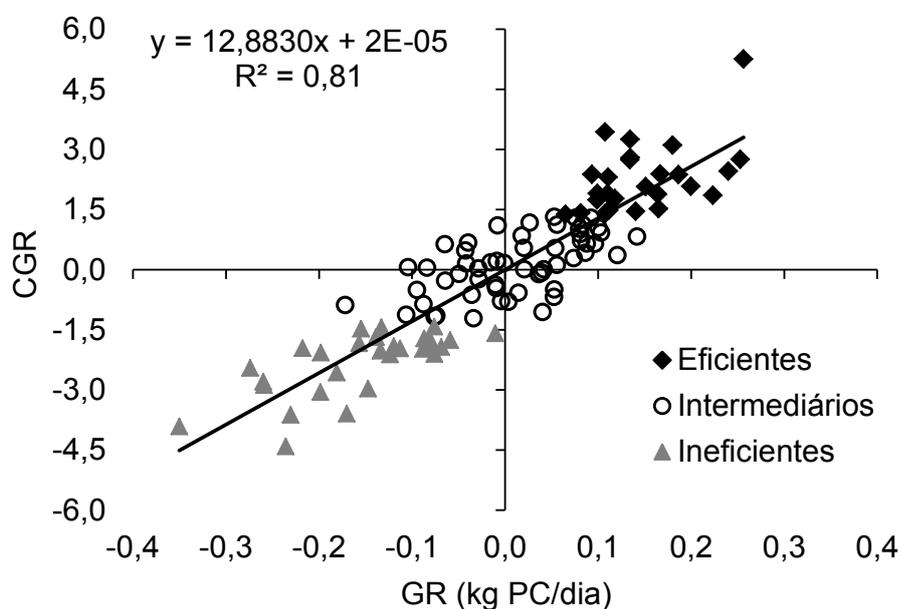


FIGURA 11 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) E O GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CGR

FONTE: o autor (2014)

A conversão alimentar (CA), a eficiência alimentar bruta (EAB), a eficiência de manutenção (EMant) e a eficiência parcial de crescimento (EPC) diferiram entre as três classes de eficiência (TABELA 25). Houve diminuição da CA (7,93 para 6,10 kg de MS/kg de ganho) e aumento da EAB (129 para 166 g de ganho/kg de MS), da EMant (274 para 374 g de ganho/kg de MS para manutenção) e da EPC (249 para 302 g de ganho/kg de MS para crescimento) da classe ineficiente para a eficiente. Berry e Crowley (2012) e Willems et al. (2013) observaram resposta semelhante para a CA entre classes de eficiência para CGR, enquanto Chaves (2013) encontrou resposta semelhante para todas as características de eficiência alimentar supracitadas entre dois grupos de animais eficientes e ineficientes para CGR.

As diferenças na CA e na EAB entre as classes eficiente e ineficiente (TABELA 25) indicam que os tourinhos eficientes consumiram, em média, 1,83 kg de MS/kg de ganho a menos que os ineficientes, o que representou um aumento de 37 g de ganho/kg de MS dos primeiros. Já as diferenças na EMant e na EPC entre as mesmas classes indicam que os tourinhos eficientes apresentaram, em média, 100 g de ganho/kg de MS para manutenção e 53 g de ganho/kg de MS para crescimento a mais que os tourinhos ineficientes.

A taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de Kleiber (TK) foram menores na classe ineficiente (0,15%/dia e 0,014 kg de ganho/kg de PM) comparada com as classes intermediária e eficiente, que não diferiram entre si e apresentaram média de 0,175%/dia e 0,0165 kg de ganho/kg de PM. Berry e Crowley (2012) relataram variações semelhantes para TCR e TK entre classes de eficiência baseadas no CGR. Entretanto, esses autores observaram diferenças mais significativas para essas características de eficiência alimentar entre bovinos eficientes, intermediários e ineficientes, o que é justificado pelo aumento expressivo do ganho de peso diário desses animais da classe ineficiente para a eficiente (1,49 para 1,81 kg/dia). Chaves (2013) também observou maiores TCR e TK em bovinos eficientes comparados aos ineficientes para CGR.

A melhoria dessas características de eficiência alimentar é explicada pela diminuição (mesmo que apenas numérica) do CMS e pelo aumento do GMD da classe ineficiente para a eficiente (TABELA 23). O GMD apresentou correlação alta ($P < 0,0001$) com CA ($r = -0,71$), EAB ($r = 0,71$), EMant ($r = 0,91$), TCR ($r = 0,72$) e TK ($r = 0,83$), e o CMS apresentou correlação alta ($P < 0,0001$) com EPC ($r = -0,61$).

Houve correlação moderada a alta entre CGR e todas as características de eficiência alimentar que foram mensuradas nos tourinhos (TABELA 26). Essas correlações reforçam a influência do CAR e do GR no CGR, pois apresentaram magnitude intermediária em relação às correlações do CAR e do GR com as demais características de eficiência alimentar. O CAR apresentou correlação moderada com CA ($r = 0,38$) e EAB ($r = -0,41$), e alta com EPC ($r = -0,65$); já o GR apresentou correlação moderada a alta com todas as características de eficiência alimentar.

TABELA 26 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ¹	CAR	GR	CGR
CA	0,38***	-0,88***	-0,70***
EAB	-0,41***	0,92***	0,74***
EMant	-0,20*	0,82***	0,57***
EPC	-0,65***	0,74***	0,77***
TCR	0,00	0,72***	0,40***
TK	0,00	0,73***	0,41***
CAR	-	-0,63***	-0,90***
GR	-0,63***	-	0,90***

¹CA: conversão alimentar; EAB: eficiência alimentar bruta; EMant: eficiência de manutenção; EPC: eficiência parcial de crescimento; TCR: taxa de crescimento relativo; TK: taxa de Kleiber

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

O aumento do CGR melhorou a eficiência de todas as características de eficiência alimentar que foram avaliadas nos tourinhos (TABELA 26). Considerando os valores médios de CA, EAB, EMant, EPC, TCR e TK nas classes de eficiência (TABELA 25), o aumento do CGR diminuiu a CA em 23,1% e aumentou a EAB em 28,4%, a EMant em 36,6%, a EPC em 21,3%, a TCR em 20% e a TK em 21,4%.

A contribuição do GR no CGR permite que essa característica de eficiência alimentar tenha maior impacto na melhoria da CA, EAB e EPC e, também, melhore a eficiência para TCR e TK comparada ao CAR. Isso é confirmado pela magnitude das correlações do GGR e do CAR com CA, EAB e EPC, e pela ausência de correlação do CAR com TCR e TK (TABELA 26). Ressalta-se, ainda, que a EMant teve forte associação com o CGR dos tourinhos ($r = 0,57$), o que não ocorreu com o CAR ($r = -0,20$). Esses resultados confirmam que um alto ganho de peso associado com um baixo consumo de alimento está diretamente relacionado com diminuição da exigência de manutenção, o que determina o aumento da EMant nos tourinhos eficientes para CGR.

A largura máxima do olho de lombo (LOL) inicial, o ganho em LOL e as relações inicial, final e média entre largura e profundidade máximas (L:P) do olho de lombo diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 27).

TABELA 27 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) DAS CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO *Longissimus dorsi* DE TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO NAS TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR)

CARACTERÍSTICA ¹	CLASSE DE EFICIÊNCIA			P
	EFICIENTE (CGR ALTO)	INTERMEDIÁRIA (CGR MÉDIO)	INEFICIENTE (CGR BAIXO)	
Número de animais (n)	25	59	26	-
LOL inicial (cm)	11,28 ± 0,26 b	12,00 ± 0,12 a	12,50 ± 0,18 a	0,0012
LOL final (cm)	13,33 ± 0,30	13,41 ± 0,14	13,76 ± 0,21	0,3312
LOL ganho (cm)	2,05 ± 0,28 a	1,41 ± 0,13 ab	1,26 ± 0,19 b	0,0666
POL inicial (cm)	4,21 ± 0,22	4,38 ± 0,10	4,16 ± 0,15	0,4582
POL final (cm)	5,27 ± 0,32	5,09 ± 0,15	4,84 ± 0,22	0,4834
POL ganho (cm)	1,06 ± 0,20	0,72 ± 0,09	0,68 ± 0,14	0,2368
Relação L:P inicial	2,68 ± 0,14 b	2,78 ± 0,06 b	3,07 ± 0,09 a	0,0230
Relação L:P final	2,57 ± 0,17 b	2,68 ± 0,08 b	2,96 ± 0,12 a	0,0824
Relação L:P média	2,63 ± 0,14 b	2,73 ± 0,07 b	3,02 ± 0,10 a	0,0312
AOL inicial (cm ²)	39,42 ± 1,35	40,39 ± 0,90	40,77 ± 1,29	0,7555
AOL final (cm ²)	48,74 ± 1,38	49,89 ± 0,92	50,38 ± 1,31	0,6739
AOL ganho (cm ²)	9,32 ± 1,17	9,50 ± 0,78	9,62 ± 1,12	0,9838
EGS inicial (mm)	0,05 ± 0,04	0,02 ± 0,03	0,04 ± 0,04	0,8098
EGS final (mm)	1,08 ± 0,26	1,05 ± 0,17	1,08 ± 0,24	0,9932
EGS ganho (mm)	1,03 ± 0,24	1,03 ± 0,16	1,04 ± 0,22	0,9992

¹LOL: largura máxima do olho de lombo; POL: profundidade máxima do olho de lombo; L:P: largura:profundidade do olho de lombo; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,10)
 FONTE: o autor (2014)

A LOL inicial foi menor na classe eficiente (11,3 cm) comparado com as classes intermediária e ineficiente, que não diferiram entre si e apresentaram média de 12,3 cm (TABELA 27). O ganho em LOL foi maior na classe eficiente (2,1 cm) e menor na classe ineficiente (1,3 cm), enquanto a classe intermediária não diferiu das demais (1,41 cm). Apesar de não terem diferido estatisticamente (P = 0,4834 e P = 0,2368) entre as classes de eficiência, a profundidade máxima do olho de lombo (POL) final e o ganho em POL foram numericamente superiores na classe eficiente comparados com a classe ineficiente (5,3 vs. 4,8 cm e 1,1 vs. 0,7 cm). Essas características indicam que a morfologia do olho de lombo se alterou com o aumento da eficiência para CGR, apresentando a forma arredondada em tourinhos eficientes e a forma ovalada ou alongada em tourinhos ineficientes.

A relação L:P inicial, final e média do olho de lombo foram menores na classe eficiente (2,68; 2,57 e 2,63) comparadas com a classe ineficiente (3,07; 2,96 e 3,02) (TABELA 27). A relação L:P é um indicador da morfologia do músculo *Longissimus dorsi*, em que a diminuição dessa relação é atribuída, principalmente, ao aumento da POL, caracterizando a forma arredondada do olho de lombo (Crews Jr., 2001). Assim, as diferenças na relação L:P inicial, final e média entre as classes de eficiência confirmam as diferenças morfológicas do olho de lombo entre tourinhos com eficiência alimentar divergente para CGR.

Embora a forma arredondada do olho de lombo esteja relacionada com um maior potencial de desenvolvimento muscular, isso não foi observado em tourinhos eficientes para CGR. A área de olho de lombo (AOL) inicial e final, e o ganho em AOL foram semelhantes entre as classes de eficiência (TABELA 27), apresentando média de 40,3; 49,6 e 9,5 cm², respectivamente.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) inicial, final e o ganho em EGS também não diferiram entre as classes de eficiência (TABELA 27), apresentando média de 0,03; 1,06 e 1,03 mm, respectivamente. Esses valores baixos de EGS e de ganho em EGS são justificados pela fase de desenvolvimento em que os tourinhos se encontravam durante o período experimental. Esses animais apresentaram média de 233 e 360 kg de PC no início e no final do experimento, sendo esta a faixa de PC em que ocorre intenso desenvolvimento muscular e baixa deposição de gordura corporal (Owens et al., 1995).

Houve correlação baixa a moderada do CGR com LOL inicial ($r = -0,34$), ganho em LOL ($r = 0,26$) e com as relações L:P inicial ($r = -0,42$), final ($r = -0,35$) e média ($r = -0,43$) (TABELA 28). Essas correlações reforçam as diferenças observadas para essas características entre as classes de eficiência (TABELA 27), demonstrando que o aumento da eficiência para CGR modifica, de fato, a morfologia do olho de lombo dos tourinhos, tornando-o mais arredondado.

Destaca-se que a LOL inicial e as relações L:P inicial, final e média do olho de lombo apresentaram correlação com CAR, GR e CGR; e LOL ganho apresentou correlação com GR e CGR (TABELA 28), porém a magnitude das correlações das características de carcaça com o CGR foi, em geral, igual ou superior aquelas com o CAR e o GR. Isso mostra que a diminuição do consumo de alimento associado ao aumento do ganho de peso exerce maior influência nas características de carcaça dos tourinhos do que cada um desses fatores isoladamente.

TABELA 28 - CORRELAÇÕES PARCIAIS DE PEARSON ENTRE CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO *Longissimus dorsi* E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), GANHO DE PESO RESIDUAL (GR) E CONSUMO E GANHO RESIDUAL (CGR) EM TOUROS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

CARACTERÍSTICA ¹	CAR	GR	CGR
LOL inicial	0,25 [†]	-0,32*	-0,34*
LOL final	0,06	-0,05	-0,07
LOL ganho	-0,19	0,26 [†]	0,26 [†]
POL inicial	-0,16	0,00	0,08
POL final	-0,12	0,25 [†]	0,22
POL ganho	-0,01	0,30*	0,19
Relação L:P inicial	0,43**	-0,30*	-0,42**
Relação L:P final	0,24 [†]	-0,35**	-0,35*
Relação L:P média	0,37**	-0,38**	-0,43**
AOL inicial	-0,18	-0,07	0,06
AOL final	0,00	0,04	0,02
AOL ganho	0,18 [†]	0,12	-0,03
EGS inicial	-0,05	0,03	0,04
EGS final	0,05	0,03	-0,01
EGS ganho	0,06	0,02	-0,02

¹LOL: largura máxima do olho de lombo; POL: profundidade máxima do olho de lombo; L:P: largura:profundidade do olho de lombo; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea

Significância: [†]P<0,10; *P<0,05; **P<0,01 e ***P<0,0001

FONTE: o autor (2014)

As medidas de AOL e de EGS não apresentaram correlação com o CGR (TABELA 28), refletindo a semelhança dessas características entre as classes de eficiência (TABELA 27). Assim, o aumento da eficiência para CGR não modificou a composição corporal, determinando características de carcaça semelhantes entre tourinhos eficientes e ineficientes. Esses resultados confirmam a hipótese de que a melhoria da eficiência para CGR não modifica a composição da carcaça de bovinos, que foi apresentada por Berry e Crowley (2012).

4. CONCLUSÃO

A melhoria da eficiência alimentar baseada no consumo e ganho residual diminui a exigência de manutenção de touros em crescimento, o que determina a diminuição do consumo de alimento em relação ao peso corporal, e o aumento do ganho de peso diário e da eficiência de manutenção desses animais.

Na faixa de 233 a 360 kg de peso corporal, a composição da carcaça de touros Purunã não se altera com a melhoria da eficiência para consumo e ganho

residual. Porém, a forma arredondada do músculo *Longissimus dorsi* em tourinhos eficientes confere um maior potencial de desenvolvimento muscular à esses animais, que poderá ser expresso até que a maturidade corporal seja alcançada.

5. REFERÊNCIAS

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.

BERRY, D.P.; CROWLEY, J.J. Residual intake and body weight gain: A new measure of efficiency in growing cattle. **Journal Animal Science**, v.90, p.109-115, 2012.

CASTRO BULLE, F.C.P.; PAULINO, P.V.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.928-936, 2007.

CHAVES, A.S. **Relações entre eficiência alimentar e características de carcaça, qualidade de carne, batimentos cardíacos e consumo de oxigênio em bovinos**. 2013. 133f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

CREWS JR., D.H. Alternative ultrasound predictors of beef carcass longissimus muscle area. **Professional Animal Scientist**, v.17, p.303-308, 2001

CROWLEY, J.J.; McGEE, M.; KENNY, D.A.; CREWS JR., D.H.; EVANS, R.D.; BERRY, D.P. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.88, p.885-894, 2010.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.87, p.E64-E71, 2009.

KELLY, A.K.; McGEE, M.; CREWS JR., D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, A.R. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal Animal Science**, v.88, p.109-123, 2010.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W.; KEISLER, D.H. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, v.84, p.861-865, 2006.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS JR, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1539, 2009.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.85, 2711-2720, 2007.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3152-3172, 1995.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Statistical Analysis System user's guide**, version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute, 2002. 513p.

WILLEMS, O.W.; MILLER, S.P.; WOOD, B.J. Assessment of residual body weight gain and residual intake and body weight gain as feed efficiency traits in the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Genetics Selection Evolution**, v.45, n.26, p.1-8, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesse trabalho demonstram que a melhoria da eficiência para consumo alimentar residual (CAR) está relacionada com a diminuição da exigência de manutenção em bovinos. Verificou-se que os animais eficientes têm metabolismo energético mais eficiente, o que parece estar relacionado com a menor dependência por glicose e triglicerídeos, e pela maior utilização de corpos cetônicos e fosfocreatina como substratos para atender a demanda energética dos tecidos periféricos e do tecido muscular. Além disso, os animais eficientes consomem dieta com maior proporção de concentrado, o que minimiza o incremento calórico associado com a alimentação, reduzindo a perda de energia na forma de calor. Essas mudanças na fisiologia e no comportamento alimentar explicam, ao menos parcialmente, a menor exigência de manutenção de tourinhos eficientes comparados aos ineficientes para CAR.

A maior creatinina sérica em tourinhos eficientes para CAR indicou que esses animais apresentaram maior musculosidade que os ineficientes durante o período experimental. No entanto, a composição da carcaça de tourinhos eficientes foi semelhante a dos tourinhos ineficientes ao final do experimento, apresentando a mesmo desenvolvimento muscular e a mesma deposição de gordura de cobertura ao atingirem 360 kg de peso corporal (PC). Assim, o aumento da eficiência para CAR na fase de recria reduz o consumo de alimento, mas não altera a composição da carcaça de tourinhos Purunã. Isso poderia ser considerado uma vantagem se esses animais tivessem sido avaliados próximo da maturidade corporal, pois não haveria redução na deposição de gordura na carcaça, o que geralmente ocorre com o aumento da eficiência para CAR em bovinos. Nessa condição, tourinhos eficientes e ineficientes para CAR atingiriam peso e grau de acabamento adequados para abate à mesma idade, porém o menor gasto com alimentação reduziria o custo da terminação dos primeiros.

Considerando que: em bovinos as características de eficiência alimentar e de carcaça apresentam herdabilidade moderada e alta, respectivamente; touros com eficiência alimentar comprovada em provas de desempenho podem ser utilizados como reprodutores em propriedades de cria; e que a inalteração da composição da carcaça e a redução do custo de terminação com o aumento da eficiência alimentar para CAR teria um impacto positivo no resultado econômico da bovinocultura de

corde, recomenda-se que a relação do CAR com a composição da carcaça seja avaliada em touros Purunã próximo da maturidade corporal, ou durante a fase de terminação.

O consumo e ganho residual (CGR) se mostrou efetivo na identificação de bovinos com alta eficiência alimentar (baixo CAR) e produtiva (alto ganho de peso residual – GR) na fase de recria. Destaca-se que a melhoria da eficiência para CGR exerceu maior impacto na exigência de manutenção que o CAR, indicando que a redução do consumo de alimento associado com o aumento do ganho de peso está diretamente relacionada com a diminuição da exigência de manutenção em bovinos.

Conforme foi observado para o CAR, a melhoria da eficiência para CGR não alterou a composição da carcaça dos tourinhos. Nessa condição, o CGR pode ter maior impacto na diminuição dos custos de recria e terminação que o CAR, pois reduz o custo com a alimentação, pelo aumento da eficiência alimentar, e diminui o tempo para atingir o peso e o acabamento adequados para o abate, devido ao aumento da eficiência produtiva dos animais.

Por fim, os resultados apresentados nesse trabalho fornecem informações importantes sobre o desempenho e a eficiência alimentar de bovinos do grupo genético Purunã, que ainda são escassas na literatura. Essas informações poderão servir de base para a seleção e o melhoramento genético com ênfase na eficiência alimentar, o que implicará em aumento da produtividade e diminuição dos custos na produção desses animais.