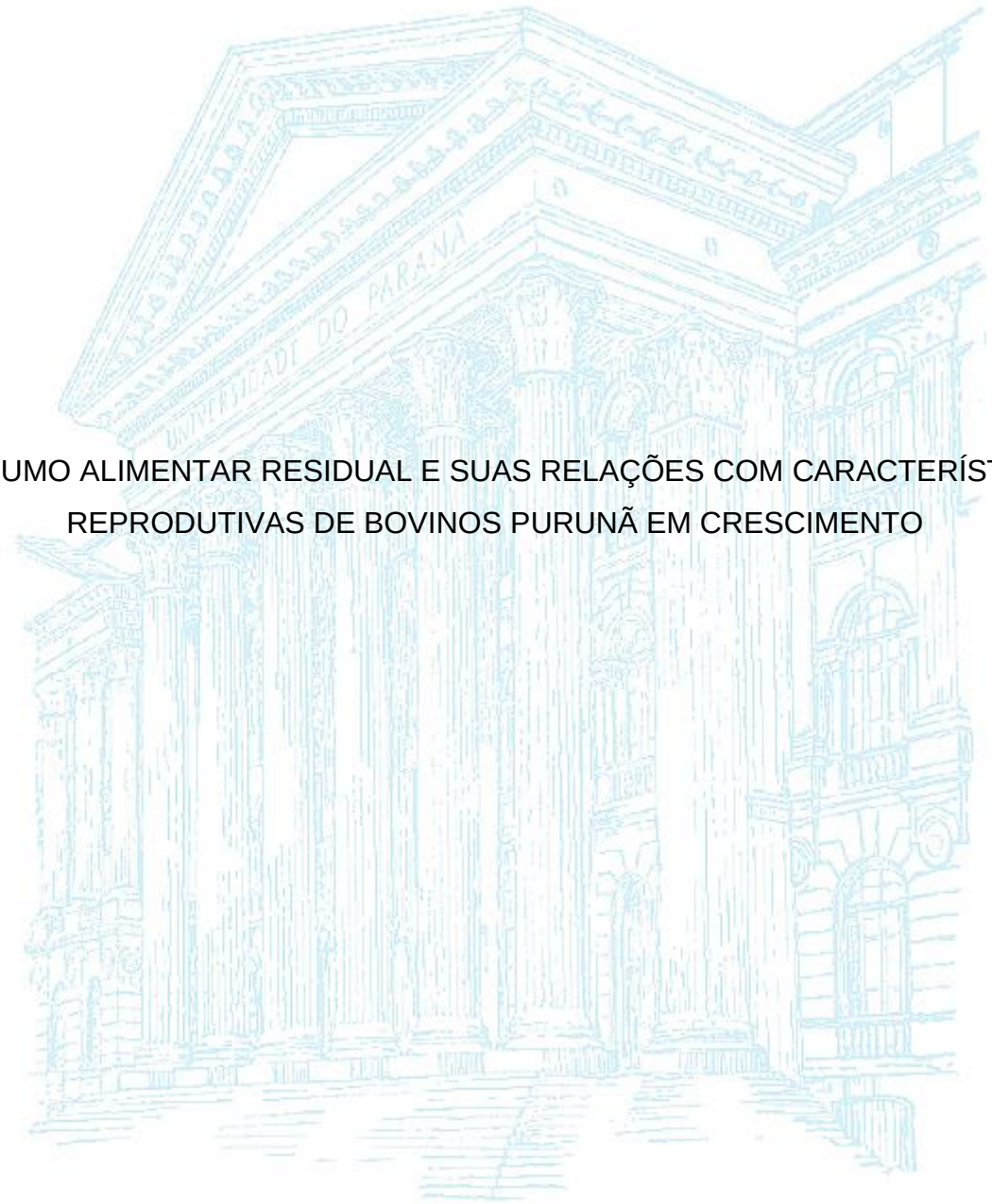
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANA HELENA KOWALSKI



CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

PALOTINA

2014

LUCIANA HELENA KOWALSKI

CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa Nutrição, Manejo Animal e Forragicultura, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio de Freitas
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Rossi Junior

PALOTINA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

K87 Kowalski, Luciana Helena

Consumo alimentar residual e suas relações com características reprodutivas de bovinos Purunã em crescimento / Luciana Helena Kowalski; Orientador José Antônio de Freitas – Palotina, Pr, 2014. 82 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Área de concentração em Produção Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Inclui referências

1. Ciência Animal. 2. Consumo alimentar residual. 3. Ultrassonografia testicular. 4. Precocidade sexual. 5. Reprodução de bovinos . I. Freitas, José Antônio de. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em ciência Animal.III. Título.

CDU 636.082.4

Ficha catalográfica elaborada por Aparecida Pereira dos Santos - CRB 9/1653

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

UFPR

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCIANA HELENA KOWALSKI

CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS PURUNÃ EM CRESCIMENTO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Área de Concentração em Produção Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Rossi Junior
Presidente/Coorientador: Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Alexandre Leseur dos Santos
Membro: Universidade Federal do Paraná

Dr. José Luis Molleta
Membro: Instituto Agronômico do Paraná

Palotina, 13 de Fevereiro de 2014.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Luciana Helena Kowalski, filha de Wanderley Hygino Kowalski e Rita de Cássia Freitas Kowalski, nasceu em Curitiba - Paraná, no dia 12 de Outubro de 1988.

Em Março de 2006, iniciou o Curso de Graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Federal do Paraná, e concluiu este curso em 31 de Janeiro de 2012, onde recebeu o grau de Médica Veterinária.

Em Abril de 2012 iniciou o Curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, na linha de pesquisa em Nutrição, Manejo Animal e Forragicultura, pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Durante o curso desenvolveu estudos na área de Produção de Bovinos de Corte sob a orientação do Prof. Dr. José Antônio de Freitas.

“A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford

Dedico,

Aos meus pais Wanderley e Rita, as minhas irmãs Ana e Rafaela e ao meu sobrinho Alexandre por todo apoio e incentivo. Em especial, dedico ao meu noivo Sergio por sempre estar ao meu lado, me ajudar e apoiar em todas as horas que mais precisei.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por sempre me guiar, tudo que sou e que conquistei devo a ele. E principalmente por colocar no meu caminho todas as pessoas maravilhosas que contribuíram para mais esta conquista.

Aos meus queridos **pais Wanderley e Rita**, pelo amor, carinho e apoio incondicional que sempre me deram. Por todos os conselhos e palavras positivas que sempre me fizeram querer ser alguém cada dia melhor. Por todos os esforços que sempre fizeram (plantões noturnos, 3-4 empregos) pensando em investir e contribuir na minha formação, sem o esforço e apoio de vocês com certeza não teria chegado aqui.

Ao meu noivo **Sergio** que, além de noivo, sempre foi meu amigo, companheiro e colega de trabalho. Por ser esta pessoa paciente e calma mesmo quando eu não merecia. Por todo apoio durante o trabalho de campo e principalmente nesta fase final da dissertação. Sem você nada disso seria possível.

A todos os meus parentes, que sempre me incentivaram, apoiaram e contribuíram para mais esta conquista, em especial à **Tia Heloísa Camara, Dona Rosa, Tia Waldilene Eccher, Tio Edemir e Tia Silmara Kowalski**.

Ao meu Orientador **José Antônio de Freitas** e Co-Orientador **Paulo Rossi Jr**. por todos os ensinamentos, confiança e apoio que me deram durante todo este período.

A todos os funcionários do IAPAR que sempre colaboraram e ajudaram no árduo trabalho. Em especial ao **José Adriano Rubino, Capitão, Elias e Jason** por toda ajuda, por serem sempre solícitos a tudo que fosse necessário, por todas as risadas e momentos de distração durante o Experimento.

Ao pesquisador do IAPAR **José Luis Moletta,** por todo apoio e auxilio no experimento e por viabilizar a execução do trabalho no IAPAR.

Aos amigos que disponibilizaram seu tempo, finais de semana, feriados, férias para nos ajudar no trabalho de campo, **Rafael Chen, Cassio Biancardi, Luiz Miguel, Damaris F. Souza, Darleny Horwat, Marília Cristina, Thiago Cruz, Carlos Kulik, Guilherme Wolff, Gustavo H. P. Santos.**

Aos amigos e colegas do mestrado **Diana Vivian, Sandra Rozanski, Pamela Otto, Jupyra Duraes, Thiago Machado** pelo apoio, risadas, festas, desabafos, etc.

Aos amigos de todas as horas **Paola Raquel Pasqualotto, Ana Paula da Silva, Henrique Katayama, Nelson Teixeira, Damaris Ferreira de Souza.**

À amiga de casa **Caroline Rodenbusch Destro,** pela amizade e por me aguentar em casa nesses dois anos de mestrado.

Ao Professor **Alexandre Leseur dos Santos** por todo apoio e por contribuir com as análises estatísticas da dissertação.

Ao Professor **Américo Fróes Garcez Neto e toda equipe do Laboratório de Nutrição Animal** por ajudarem e analisarem todas as amostras bromatológicas.

À Professora **Rosana Nogueira de Morais** por viabilizar as análises de dosagem de testosterona sérica e apoiar no decorrer da pesquisa, assim como toda sua equipe do Laboratório de Fisiologia Animal da UFPR que colaboraram com a realização das análises.

À secretária da pós-graduação **Margarida Maria da Silva Hickmann** e novamente ao **Prof. Américo Fróes Garcez Neto** (como coordenador da pós) que apoiaram sempre que necessário durante o Mestrado, e principalmente na etapa final para a defesa onde o esforço de vocês foi essencial e crucial para a finalização desta etapa.

À **Tortuga®** por fornecer o sal mineral utilizado na dieta dos animais durante o experimento.

A **CAPES** pela concessão de bolsa por todo período do mestrado.

À **Universidade Federal do Paraná e todo corpo docente** pela oportunidade de realizar o Mestrado e por todo conhecimento adquirido nestes anos.

Especialmente aos **animais,** pois sem eles nada disso teria sentido.

RESUMO

Objetivou-se avaliar técnicas de mensuração da idade à puberdade, a eficiência alimentar com base no consumo alimentar residual (CAR) e a relação entre as características reprodutivas e de eficiência alimentar em bovinos de corte. Foram utilizados tourinhos da raça Purunã com idade entre 10 e 16 meses, alimentados em confinamento. As características reprodutivas avaliadas foram: medidas biométricas testiculares, intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT) e concentração sérica de testosterona. A IPT apresentou aumento até a puberdade e a concentração de testosterona sérica apresentou pico aos 14 meses de idade. O perímetro escrotal e o volume testicular continuaram a se desenvolver após a puberdade. A forma testicular variou de acordo com o desenvolvimento corporal e sexual dos animais, predominando a forma longo-moderada. Não foi possível estabelecer uma equação de regressão confiável para estimar valores de testosterona e IPT com base na idade e nas outras características reprodutivas avaliadas. Foram observados valores médios de -0,38; -0,02 e 0,51 kg de MS/dia para CAR nas classes eficiente, intermediária e ineficiente. Não houve diferença significativa no consumo de proteína (PB) e energia (NDT e EM) entre as classes de eficiência, porém foi observada diferença numérica devido ao maior consumo de alimento pelas classes intermediária e ineficiente. As medidas de biometria testicular, IPT e concentração sérica de testosterona não diferiram entre as classes de eficiência e não apresentaram correlação com o CAR. As medidas mais indicadas para avaliação da puberdade foram a dosagem de testosterona sérica e a IPT. A avaliação da eficiência alimentar baseada no CAR permite identificar animais que consomem menos alimento sem alterar as características de desempenho, mas não permite identificar animais com características reprodutivas superiores.

Palavras-chave: consumo alimentar residual, precocidade sexual, ultrassonografia testicular

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate techniques of measuring age at puberty, feed efficiency based on residual feed intake (RFI) and the relationship between reproductive traits and feed efficiency in beef cattle. There were used growing bulls of Purunã breed with 10 to 16 months of age, fed *ad libitum* in feedlot. The reproductive traits assessed were testicular biometric measures, testicular ultrasonogram pixel intensity (TUPI) and serum testosterone. TUPI increased until puberty and serum testosterone showed peak at 14 months of age. Scrotal circumference and testicular volume showed continuous increase after puberty. Testicular form ranged according to the body and sexual development of the animals, and long-moderate form was predominant. There was no possible establish a reliable equation to estimate the serum testosterone and TUPI values from the age and other reproductive characteristics evaluated. Mean values of -0.38, -0.02 and 0.51 kg DM/d for RFI were observed in efficient, intermediary and inefficient groups, respectively. Protein (CP) and energy (TDN and ME) intake were similar, but numeric difference was observed for intake of these fractions between the efficiency groups due to the higher feed intake in the intermediary and inefficient groups. Testicular biometric measures, testicular ultrasonogram pixel intensity (TUPI) and serum testosterone not differed between the efficiency groups and were not correlated with RFI. The most appropriate measures to assess puberty in cattle were serum testosterone and TUPI. The feed efficiency evaluation based on RFI allow identifying animals with low feed intake without modify the performance traits, but don't identify animals with superior reproductive traits.

Keywords: residual feed intake, sexual precocity, testicular ultrasonography

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA ADOTADA PARA AVALIAR A INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) NAS IMAGENS ULTRASSONOGRÁFICAS DOS TESTÍCULOS DE TOURINHOS PURUNÃ. IMAGEM À ESQUERDA (A) PLANO FRONTAL E À DIREITA (B) PLANO TRANSVERSAL 1,2,3 E 4 - REGIÕES SELECIONADAS PARA MEDIR UNIDADE *PIXELS* EM CADA IMAGEM; M - MEDIASTINO TESTICULAR; P - PARÊNQUIMA TESTICULAR; T - TÚNICAS TESTICULARES 40

FIGURA 2 - INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) OBSERVADO DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE 42

FIGURA 3 - PESO CORPORAL (PC) OBSERVADO DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE 43

FIGURA 4 - CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA OBSERVADA DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE 45

FIGURA 5 - PERÍMETRO ESCROTAL (A) E VOLUME TESTICULAR (B) OBSERVADOS DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE 46

FIGURA 6 - VARIAÇÃO DA FORMA TESTICULAR EM TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE 47

FIGURA 7 - ANÁLISE DE REGRESSÃO DA INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT; *pixels*/cm²) EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO TESTICULAR MÉDIO (CTM; cm), LARGURA TESTICULAR MÉDIA (LTM; cm), VOLUME TESTICULAR MÉDIO (VTM; cm³) E CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA (TEST; ng/mL). (A) GRÁFICO COM OS DADOS OBSERVADOS; (B) GRÁFICO COM OS DADOS ESTIMADOS E COM A EQUAÇÃO DE REGRESSÃO GERADA 50

FIGURA 8 - ANÁLISE DE REGRESSÃO DA CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA (TEST; ng/mL) EM FUNÇÃO DA IDADE (meses) E DA INTENSIDADE DE *PIXELS* TESTICULAR (IPT; *pixels*/cm²). (A) GRÁFICO COM OS DADOS OBSERVADOS; (B) GRÁFICO COM OS DADOS ESTIMADOS E COM A EQUAÇÃO DE REGRESSÃO GERADA 51

FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE MATÉRIA SECA OBSERVADO (CMS_{OBS}) E ESTIMADO (CMS_{EST}) PARA TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)..... 67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (g/kg DE MATÉRIA NATURAL – MN) E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL (g/kg DE MATÉRIA SECA – MS) DO CONCENTRADO, DA SILAGEM DE MILHO E DA DIETA TOTAL OFERTADA AOS TOURINHOS 37

TABELA 2 - FORMAS TESTICULARES DE ACORDO COM A CLASSE..... 39

TABELA 3 - MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) PARA IDADE, PESO E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS, E CORRELAÇÃO SIMPLES DE PEARSON DESSAS CARACTERÍSTICAS COM A INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) E A CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA (TEST) EM TOURINHOS PURUNÃ COM 10 A 16 MESES DE IDADE..... 48

TABELA 4 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (g/kg DE MATÉRIA NATURAL – MN) E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL (g/kg DE MATÉRIA SECA – MS) DO CONCENTRADO, DA SILAGEM DE MILHO E DA DIETA TOTAL OFERTADA AOS TOURINHOS 60

TABELA 5 - FORMAS TESTICULARES DE ACORDO COM A CLASSE..... 63

TABELA 6 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)..... 66

TABELA 7 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DE CONSUMO DE PROTEÍNA E ENERGIA DE TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)..... 70

TABELA 8 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, EFICIÊNCIA E CONSUMO DE ALIMENTO, PROTEÍNA E ENERGIA DE TOURINHOS PURUNÃ, E SUAS CORRELAÇÕES COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)..... 71

TABELA 9 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E DE CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA DE TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)..... 73

TABELA 10 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS CARACTERÍSTICAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E DA CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA DE TOURINHOS PURUNÃ, E SUAS CORRELAÇÕES COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) 74

TABELA 11 - CORRELAÇÕES ENTRE MEDIDAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA COM PESO CORPORAL (PC) INICIAL, FINAL E GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) DE TOURINHOS PURUNÃ 75

LISTA DE ABREVIATURAS

AST - ASPARTATO AMINOTRANSFERASE
Ca - CÁLCIO
CA - CONVERSÃO ALIMENTAR
CAR - CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL
CASA - *COMPUTER ASSISTED SEMEN ANALYSIS*
CMS_{EST} - CONSUMO DE MATÉRIA SECA ESTIMADO
CMS_{OBS} - CONSUMO DE MATÉRIA SECA OBSERVADO
CMS_{PC} - CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM RELAÇÃO AO PESO CORPORAL
CNF - CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS
CNF_P - CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS CORRIGIDO PARA PROTEÍNA
CT - COMPRIMENTO TESTICULAR
CV - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
DP - DESVIO PADRÃO
EAB - EFICIÊNCIA ALIMENTAR BRUTA
EE - EXTRATRO ETÉREO
EEFM - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA MODELO
ELISA - *ENZYME LINKED IMMUNO SORBENT ASSAY*
EM - ENERGIA METABOLIZÁVEL
EM_{Cons} - ENERGIA METABOLIZÁVEL CONSUMIDA
EM_{Dieta} - ENERGIA METABOLIZÁVEL OFERTADA NA DIETA TOTAL
EPM - ERRO PADRÃO MÉDIO
FDA - FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO
FDA_P - FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO CORRIGIDO PARA PROTEÍNA
FDN - FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO
FDN_P - FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO CORRIGIDO PARA PROTEÍNA
FT - FORMA TESTICULAR
GMD - GANHO MÉDIO DIÁRIO
IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PARANÁ
IGF-1 - *INSULINE-LIKE GROWTH FACTOR-1*
IPT - INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR

LIG - LIGNINA
LT - LARGURA TESTICULAR
MN - MATÉRIA NATURAL
MS - MATÉRIA SECA
NDT - NUTRIENTES DIGESTÍVEIS TOTAIS
NDT_{Cons} - NUTRIENTES DIGESTÍVEIS TOTAIS CONSUMIDOS
NDT_{Dieta} - NUTRIENTES DIGESTÍVEIS TOTAIS OFERTADOS NA DIETA TOTAL
NIDA - NITROGÊNIO INSOLÚVEL EM DETERGENTE ÁCIDO
NIDIN - NITROGÊNIO INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO
P - FÓSFORO
PB - PROTEÍNA BRUTA
PB_{Cons} - PROTEÍNA BRUTA CONSUMIDA
PB_{Dieta} - PROTEÍNA BRUTA DA DIETA
PC - PESO CORPORAL
PE - PERÍMETRO ESCROTAL
PMM - PESO MÉDIO METABÓLICO
PPT - PROTEÍNA PLASMÁTICA TOTAL
RM - RESÍDUO MINERAL
RPM - ROTAÇÕES POR MINUTO
RTM - RAÇÃO TOTAL MISTURADA
SAS - *STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM*
UFPR - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
VT - VOLUME TESTICULAR

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 19

CAPÍTULO I – IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR NA SELEÇÃO DE BOVINOS JOVENS 21

1. REVISÃO DE LITERATURA 21
   1.1. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO DA PRECOCIDADE SEXUAL E NA SELEÇÃO DE BOVINOS EM CRESCIMENTO 21
   1.2. CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL 24
   1.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 27

REFERÊNCIAS 28

CAPÍTULO II – CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA, BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR NA AVALIAÇÃO DE IDADE À PUBERDADE DE BOVINOS EM CRESCIMENTO 33

1. INTRODUÇÃO 35
2. MATERIAL E MÉTODOS 36
   2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL 36
   2.2. AVALIAÇÕES REPRODUTIVAS 38
   2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA 41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 41
4. CONCLUSÕES 52

REFERÊNCIAS 52

CAPÍTULO III – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS EM CRESCIMENTO 56

1. INTRODUÇÃO 58
2. MATERIAL E MÉTODOS 59
   2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL 59

2.2. AVALIAÇÃO DE CONSUMO, DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR 61
2.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS 63
2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA 64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 65
4. CONCLUSÃO 76
REFERÊNCIAS 77

CONSIDERAÇÕES FINAIS 81

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira se destaca no setor agropecuário mundial, sendo que o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos de corte do mundo com, aproximadamente, 213 milhões de cabeças. Além disso, é o 2º maior produtor de carne bovina, onde a produção anual brasileira é de aproximadamente 9 milhões de toneladas da carne ao ano, superada apenas pelos Estados Unidos (FAO, 2011). Nesse cenário, o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que melhorem os índices produtivos e reduzam os custos de produção da carne bovina fazem-se necessários, e permitirão que o Brasil continue ocupando posição privilegiada nessa atividade.

O melhoramento genético de características que tenham influência positiva na redução do custo de produção de carne bovina tem grande importância na pecuária brasileira. Os programas de melhoramento genético de bovinos de corte têm sido direcionados, em sua maioria, para a melhoria de características associadas ao desempenho produtivo e reprodutivo, e a qualidade da carne. Embora a melhoria dessas características seja necessária, as características de eficiência alimentar também devem ser consideradas nesses programas.

A melhoria das características associadas à eficiência alimentar pode resultar em melhores condições ambientais e melhores resultados econômicos, uma vez que os custos com alimentação representam até 70% dos custos totais de produção. Deste modo, a seleção de animais com menores exigências nutricionais para ganho de peso pode reduzir a emissão de poluentes (CO_2, CH_4, etc.) e elevar a produção por unidade de área (Basarab et al., 2003; Hegarty et al., 2007). Nesse contexto, surge como alternativa a seleção de animais com base no consumo alimentar residual (CAR), que é uma medida de eficiência alimentar definida como a diferença entre o consumo observado acima ou abaixo do necessário para atender as necessidades de mantença e de crescimento.

Além das características produtivas, a seleção também deve ser realizada com base nas características reprodutivas. A seleção de reprodutores com alta capacidade reprodutiva e de elevada fertilidade comprovadas têm fundamental importância para a melhoria dos índices produtivos e reprodutivos do rebanho. De fato, reprodutores

geneticamente superiores para características reprodutivas aumentam os índices produtivos de um rebanho (Silva et al., 2002).

A seleção com base nas características reprodutivas pode ser realizada em animais ainda jovens, onde o objetivo é identificar animais precoces sexualmente. A precocidade sexual pode ser avaliada pela idade à puberdade e/ou idade à maturidade sexual. A técnica mais indicada para esta seleção é, ainda, a avaliação do sêmen, onde os tourinhos são considerados púberes quando apresentam 5 milhões de espermatozoides no ejaculado com mínimo de 10% de motilidade progressiva (Wolf et al., 1965). A maturidade sexual é considerada quando os animais apresentam ejaculados com motilidade mínima de 30%, e máximo de 30% de defeitos espermáticos (Brito et al., 2004). Outras técnicas de identificação da idade à puberdade vêm sendo descritas, como a avaliação de biometria testicular, a dosagem da concentração sérica de testosterona e a ultrassonografia testicular. No entanto, são necessários mais estudos a fim de comprovar a acurácia dessas técnicas.

Objetiva-se com esta dissertação avaliar algumas técnicas descritas na literatura para identificação da idade à puberdade em bovinos, e avaliar a eficiência alimentar com base no CAR fazendo-se a relação desta característica com características reprodutivas desses animais.

CAPÍTULO I – IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR NA SELEÇÃO DE BOVINOS JOVENS

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO DA PRECOCIDADE SEXUAL E NA SELEÇÃO DE BOVINOS EM CRESCIMENTO

Várias características reprodutivas podem ser utilizadas na seleção de bovinos de corte, tais como a biometria testicular, que envolve as medidas de perímetro escrotal e volume testicular, a coleta e avaliação de sêmen, a dosagem hormonal e a ultrassonografia do aparelho reprodutor masculino, sendo esta a técnica descrita mais recentemente.

A biometria testicular consiste na aferição do perímetro escrotal (PE), ou também chamado de circunferência escrotal (CE), do comprimento testicular (CT) e da largura testicular (LT). A partir do CT e LT é possível se estabelecer o volume testicular (VT) e a forma testicular (FT) (Viu et al., 2006; Pacheco et al., 2010; Segui et al., 2011). A forma testicular (FT) é obtida pela razão LT:CT, sendo que os resultados variam na escala de 0,5 a 1,0 podendo ter formas de longa à oval (Bailey et al., 1996; Bailey et al., 1998). FIELDS et al. (1979) e UNANIAN et al. (2000) propuseram a fórmula matemática do cilindro para calcular o volume testicular (VT):

$$\mathrm{VT} = 2 \times [\left(\frac{\mathrm{LT}}{2}\right) \times 2\pi \times \mathrm{CT}]$$

Onde:

VT = Volume testicular (cm^3)

LT = Largura testicular (cm)

CT = Comprimento testicular (cm)

O PE e VT possuem alta herdabilidade, repetibilidade, correlação positiva com o peso corporal (PC) e com a produção/qualidade espermática, e correlação negativa

com a idade à puberdade de machos e fêmeas, sendo indicados como critério de seleção de reprodutores (Knights et al., 1984; Cyrillo et al., 2001; Pant et al., 2003). No entanto, alguns autores afirmam que o PE não é a melhor medida para se predizer a produção espermática, sendo considerada uma medida indireta da massa testicular. Isso ocorre porque esta medida não leva em consideração a forma testicular. Assim, o PE de um testículo longo é menor do que um oval, mas ambos podem apresentar o mesmo VT e, portanto, o mesmo potencial de produção espermática (Bailey et al., 1996; Bailey et al., 1998; Unanian et al., 2000). Porém, outras pesquisas mostram que não há diferença significativa quando se realiza a seleção baseada no PE ou no VT, sendo mais prática a aferição do PE para seleção de reprodutores (Boligon et al., 2010; Pacheco et al., 2010).

A avaliação do sêmen pode ser realizada pela análise convencional, onde um avaliador observa as características macroscópicas e microscópicas do sêmen, ou ainda pode ser realizada por meio de técnicas computadorizadas, sendo a mais conhecida a CASA – *Computer Assisted Semen Analysis* (Goovaerts et al., 2006; Papa et al., 2008).

A avaliação do sêmen pode ser realizada com o intuito de selecionar animais adultos com maior potencial reprodutivo ou animais sexualmente precoces. Um bovino adulto é considerado apto à reprodução quando o sêmen apresenta concentração espermática de 0,8 a 1,8 x 10^9 espermatozoides/mL, motilidade progressiva mínima de 70%, vigor de 3 a 5 pontos e máximo de 30% de patologias espermáticas (Fonseca et al., 1992; Ax et al., 2004).

A precocidade sexual é avaliada a partir da idade à puberdade e/ou da idade à maturidade sexual. O bovino jovem é considerado púbere quando apresenta 5 milhões de espermatozoides no ejaculado com mínimo de 10% de motilidade progressiva (Wolf et al., 1965). A maturidade sexual é considerada quando os animais apresentam ejaculados com motilidade mínima de 30%, e máximo de 30% de defeitos espermáticos (Brito et al., 2004). A avaliação do sêmen é a técnica mais utilizada para avaliar a idade à puberdade e à maturidade sexual, porém a desvantagem desta técnica é que exige várias avaliações de sêmen para se determinar a idade à puberdade com acurácia,

além de ser necessário um técnico especializado e equipamentos específicos para realizar o exame.

O período pré-puberdade é caracterizado por profundas mudanças no eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal que irão culminar com a puberdade. Dentre estas mudanças pode-se destacar o início da secreção pulsátil de LH, que irá induzir a diferenciação das células de Leydig, que iniciarão a secreção de testosterona (Amann, 1983). Assim, a dosagem de testosterona sérica é uma técnica que auxilia a avaliar o início da puberdade em bovinos.

Segundo EVANS et al. (1996), dosagens de testosterona superior a 1ng/mL indicam que o animal está iniciando o período de puberdade, e após o pico da concentração sérica de testosterona este animal se tornará púbere. Esta técnica apresenta a desvantagem de ser onerosa e de custo elevado, sendo necessário coletar as amostras sangue com cuidados especiais e analisá-las em laboratório.

A ultrassonografia do aparelho reprodutor masculino é um método que tem sido utilizado para avaliar a capacidade reprodutiva de bovinos. Por meio do ultrassom é possível observar a arquitetura dos tecidos internos de forma precisa, não invasiva e inócua (Gouletsou et al., 2003; Abdel-Razek e Ali, 2005). EVANS et al. (1996) e CHANDOLIA et al. (1997) realizaram estudo comparando imagens ultrassonográficas testiculares com as concentrações plasmáticas de LH, FSH e testosterona em bovinos jovens. Esses autores observaram alterações a nível hormonal compatíveis com mudanças na intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT), que foram associadas às alterações provocadas pelo início da puberdade e da maturidade sexual. A partir destes estudos surgiram pesquisas mostrando que a IPT varia de acordo com a idade. Neste caso, observa-se baixa IPT em animais jovens quando comparados aos animais adultos (Abdel-Razek e Ali, 2005; Brito et al., 2012; Kastelic, 2014).

CARDILLI et al. (2010) sugeriram a utilização desta variação de IPT como alternativa para seleção de animais precoces. A variação da IPT pode ser explicada devido ao início da proliferação de células no parênquima testicular e ao aumento da densidade de células que vão dar origem às espermátides e espermatozoides (Evans et al., 1996; Chandolia et al., 1997; Brito et al., 2012).

Além disso, KASTELIC et al. (1997) e BRITO et al. (2003) encontraram correlação entre IPT e percentagem de patologias espermáticas, sendo que quanto maior a IPT menor é o percentual de patologias espermáticas.

A ultrassonografia de glândulas anexas, epidídimo, túnicas testiculares e mediastino testicular também podem ser realizados, porém os resultados são controversos em relação à sua utilização como forma de predizer a capacidade reprodutiva e/ou precocidade sexual. Portanto, a ultrassonografia destas estruturas é mais utilizada a fim de realizar diagnóstico de enfermidades.

1.2. CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

Em programas de seleção de bovinos de corte, além de se desejar animais com maior potencial reprodutivo, também é necessário se obter animais com maior potencial produtivo. Porém, a relação entre características produtivas e reprodutivas ainda é pouco estudada, tornando-se necessário avaliar se as mesmas estão ou não inter-relacionadas.

Sabendo-se que um dos componentes de maior custo na produção animal é a alimentação (Arthur et al., 2004), nas últimas décadas diversos estudos foram direcionados a avaliação da eficiência alimentar de bovinos. O objetivo, com estes estudos, tem sido identificar animais capazes de manter o mesmo nível de produção consumindo menos alimento e/ou que sejam mais eficazes em converter alimento em produto (carne e leite), melhorando os índices produtivos do rebanho.

Alguns estudos realizados com bovinos adultos mostram que aproximadamente 70% da energia total da dieta é utilizada para atender a exigência de mantença do animal, e apenas 5% é utilizada para deposição de proteína corporal (Ferrell e Jenkins, 1984; Williams e Jenkins, 2003).

Em frangos e suínos, a proporção de energia da dieta destinada à deposição de proteína corporal é de 22% e 14%, respectivamente (Okine et al., 2004). Ao comparar o potencial de uso da energia da dieta por bovinos com o de frangos e suínos, conclui-se que a bovinocultura ainda necessita evoluir bastante no que diz respeito à eficiência alimentar. A herdabilidade para exigência de mantença em bovinos varia de 0,22 a

0,71, indicando que é possível melhorar a eficiência alimentar de bovinos a partir da seleção de animais com menor exigência de energia de mantença (Bishop, 1992).

As medidas de avaliação de eficiência alimentar mais utilizadas são a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar bruta (EAB). A CA é a razão entre a quantidade de alimento consumido (kg de matéria seca – MS) por kg de ganho de peso corporal (PC), enquanto a EAB é o inverso da CA e expressa em kg ganho/kg de MS consumida. Essas medidas são amplamente utilizadas por serem facilmente calculadas e interpretadas, mas não consideram as exigências de mantença dos animais. Assim, a seleção de animais eficientes com base nessas medidas resulta em elevada idade e PC à maturidade, o que não é desejável em programas de melhoramento genético (Herd e Bishop, 2000).

Uma medida que pode ser utilizada em avaliações de eficiência alimentar de bovinos é o consumo alimentar residual (CAR). Esta medida foi inicialmente proposta por KOCH et al. (1963), porém apenas nos anos 90 que ela começou a ser explorada por pesquisadores australianos e canadenses (Stieven, 2012).

O CAR é definido como a diferença entre o consumo alimentar observado e o esperado para o animal atender suas necessidades nutricionais para mantença e crescimento (Koch et al. 1963). O consumo alimentar esperado é calculado por meio de equações de regressão de predição de consumo de matéria seca (CMS) em função do peso médio metabólico (PMM) e do ganho médio diário (GMD) dos animais, onde o PMM = $PC^{0,75}$ (Arthur et al., 2001a). A equação geral para cálculo do CAR e o modelo da equação de predição de CMS (CMS_{EST}) são, respectivamente:

$$\mathrm{CAR} = \mathrm{CMS}_{OBS} - \mathrm{CMS}_{EST}\left(f\{\mathrm{PC}, \mathrm{GMD}\}\right)$$

$$\mathrm{CMS}_{EST} = \beta_0 + \beta_1 \times \mathrm{PMM} + \beta_2 \times \mathrm{GMD} + \varepsilon$$

Onde:

CAR = consumo alimentar residual (kg de MS/dia);

CMS_{OBS} = consumo de matéria seca observado (kg de MS/dia);

CMS_{EST} = consumo de matéria seca estimado em função do PC e do GMD dos animais (kg/dia);

PMM = peso médio metabólico (kg);

GMD = ganho médio diário (kg/dia).

β_0 = intercepto da regressão

β_1 = coeficiente parcial da regressão para PMM

β_2 = coeficiente parcial da regressão para GMD

ε = erro aleatório

O CAR é uma característica que apresenta herdabilidade moderada (0,30 a 0,49), tornando-se possível a sua utilização em programas de melhoramento genético de bovinos de corte (Arthur et al., 2001b; Lanna e Almeida, 2004). A seleção para CAR resulta em animais que consomem menos alimento e que apresentam menores exigências nutricionais para mantença e crescimento, sem alterar o peso adulto ou o GMD (Herd e Bishop, 2000; Basarab et al., 2003). Portanto, a melhoria da eficiência alimentar por meio da seleção para CAR pode melhorar os índices produtivos e econômicos da produção de bovinos de corte.

A seleção para CAR em sistemas confinados tem resposta semelhante à seleção para esta característica em sistemas a pasto. HERD et al. (2004) demonstraram que novilhos Angus e Hereford selecionados para alta eficiência alimentar (CAR = -1,0 kg de MS/dia) em confinamento produziram progênies com eficiência alimentar 41% superior a pasto. Nesse caso, os animais cresceram 19% mais rápido e apresentaram CAR 26% menor que animais não selecionados. Portanto, o uso de touros selecionados para CAR em confinamento pode melhorar a produtividade nos sistemas de produção utilizados no Brasil, uma vez que a pastagem constitui a base alimentar dos bovinos na pecuária de corte nacional.

Estudos com o CAR mostram diferenças de consumo de 1,6 a 2,9 kg de MS/dia entre animais mais e menos eficientes (Almeida, 2005; Lucila Sobrinho et al., 2011; Santana et al., 2012). Considerando o valor médio para diferença de CMS nos estudos supracitados de 2,25 kg de MS/dia/animal, e um período de terminação de 100 dias em um confinamento para 1.000 animais, ao confinar apenas animais eficientes para CAR serão gastos 225.000 kg de MS a menos de alimento quando comparados aos animais ineficientes para esta característica. Dessa forma, a seleção com base no CAR tem impacto positivo na redução dos custos de produção de bovinos de corte.

O metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica de ruminantes contribui com cerca de 12% da emissão de gases na atmosfera (Crutzen et al., 1986). Estudos recentes demonstram que uma das formas de reduzir a emissão de CH_4 por ruminantes é a seleção de animais com melhor eficiência alimentar (Nkrumah et al., 2006; Hegarty et al., 2007).

NKRUMAH et al. (2006) encontraram diferença de 28% a menos na emissão de gases de bovinos eficientes (CAR negativo) comparados aos bovinos ineficientes (CAR positivo). HEGARTY et al. (2007) observaram redução na emissão de CH_4 de 41,2 g de CH_4/kg de GMD em bovinos eficientes (CAR negativo) comparados aos ineficientes (CAR positivo). Portanto, a seleção com base no CAR além da reduzir os gastos com a alimentação, também traz benefícios ao meio ambiente por meio da redução da emissão de gases como o CH_4, dióxido de carbono (CO_2) e redução da quantidade de fezes produzidas pelos animais (Basarab et al., 2003; Nkrumah et al., 2006; Hegarty et al., 2007).

1.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características reprodutivas comumente utilizadas na seleção de bovinos são, muitas vezes, onerosas para serem mensuradas. Na produção de bovinos de corte, além de alternativas de baixo custo para avaliar o potencial reprodutivo dos animais, busca-se utilizar técnicas de rápida execução, fácil interpretação e boa confiabilidade. Considerando que estudos recentes na área de reprodução de bovinos tem sido a identificação da puberdade em idades precoces, o método que se mostra mais eficaz para esse propósito é a coleta e avaliação do sêmen.

No entanto, esse método depende de mão de obra especializada e adequadamente treinada, além de equipamentos de alto custo. Assim, faz-se necessário a realização de estudos que avaliem a eficácia de novas técnicas, sendo estas práticas e de baixo custo, na avaliação da idade a puberdade em bovinos.

A seleção de bovinos com base nas características de eficiência alimentar é uma ferramenta importante para melhorar os índices produtivos e econômicos da produção de bovinos de corte. O CAR é uma característica de eficiência alimentar que

tem apresentado impacto positivo sobre esses índices, além de apresentar herdabilidade moderada. Avaliações de eficiência alimentar baseadas no CAR permitem identificar animais que consomem menos alimento, mas que mantêm bom desempenho produtivo.

A utilização de características reprodutivas e produtivas em programas de melhoramento genético de bovinos deve ser considerada para acelerar a melhoria da produtividade em rebanhos de cria. Nesse sentido, faz-se necessário avaliar a relação entre essas características e verificar se elas podem ser melhoradas em conjunto. Porém, atualmente poucos trabalhos têm sido realizados com esse objetivo na área de produção e reprodução de bovinos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAZEK, A.K.; ALI, A. Developmental changes of bull (*Bos taurus*) genitalia as evaluated by caliper ultrasonography. **Reproduction in Domestic Animals**, v.40, p.23-27, 2005.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento.** 2005, 181p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

AMANN, R.P. Endocrine Changes Associated with Onset of Spermatogenesis in Holstein Bulls. **Journal of Dairy Science,** v.66, n.12, p.2606-2622, 1983.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture,** v.44, p.361-369, 2004.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2805-2811, 2001a.

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, 2001b.

AX, R.L.; DALLY, M.; DIDION, B.A.; LENZ, R.W,; LOVE, C.C.; VARNER, D.D.; HAFEZ, B.; BELLIN, M.E. Avaliação do Sêmen. In: HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. (Ed.) **Reprodução animal.** 7.ed. São Paulo: Manole, 2004. p.369-379.

BAILEY, T.L.; HUDSON, R.S.; POWE, T.A.; RIDDELL, M.G.; WOLFE, D.F.; CARSON, R. L. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology,** v.49,p.581-594, 1998.

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L.; RIDDELL, M.G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology,** v.46, p.681-887, 1996.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLIN, 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.

BISHOP, S. C. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilization in Hereford cattle II. Effects of age and length of performance test. **Livestock Production Science,** v.30, p.19-31, 1992.

BOLIGON, A.A.; SILVA, J.A.V.; SESANA, R.C.; SESANA, J.C.; JUNQUEIRA, J.B.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **Journal of Animal Science,** v.88, p.1215-1219, 2010.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; WILDE, R.E.; KASTELIC, J.P. Testicular ultrasonogram pixel intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. **Theriogenology,** v.78, p.69-76, 2012.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; BARBOSA, R.T.; UNANIAN, M.M.; KASTELIC, J.P Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls. **Animal Reproduction Science,** v.79, p.1–15, 2003.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; DODE, M.A.N.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC J.P. Sexual development in early and late maturing *Bos indicus* and *Bos indicus x Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology,** v.62, p.1198-1217, 2004.

CARDILLI, D.J.; TONIOLLO, G.H.; PASTORE, A.A.; CANOLA, J.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; OLIVEIRA, J.A. Padrão ultrassonográfico do parênquima, mediastino e túnicas testiculares em bovinos jovens da raça Nelore. **Ciência Animal Brasileira,** v.11, n.4, p.899-905, 2010.

CHANDOLIA, R.K.; HONARAMOOZ, A.; OMEKE, B.C.; PIERSON, R.; BEARD, A.P.; RAWLINGS, N.C. Assessment of development of the testes and accessory glands by

ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. **Theriogenology,** v.48, p.119-132, 1997.

CRUTZEN, P.J.; ASELMANN, I.; SEILER, W. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna and humans. **Tellus**, v.38B, p.271-284, 1986.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M.; MERCADANTE, M.E.Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.30, n.1, p.56-65, 2001.

EVANS, A.C.O.; PIERSON, R.A.; GARCIA, A.; MCDOUGALL, L.M.; HRUDKA, F.; RAWLINGS, N.C. Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. **Theriogenology,** v.46, n.2, p.345-357, 1996.

FERREL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. **Journal of Animal Science,** v.58, p.234-243, 1984.

FIELDS, M.J.; BURNS, W.C.; WARNICK, A.C. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls**. Journal of Animal Science,** v.48, p.1299-1304, 1979.

FONSECA, V.O.; VALE FILHO, V.R. do; MIES FILHO, A.; ABREU, J.J. Procedimentos para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. **Colégio Brasileiro de Reprodução Animal,** p. 1-79, 1992.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION - FAO, 2011. Disponível em: http://www.fao.org/corp/statistics/en/, acesso em 02 de janeiro de 2014.

GOOVAERTS, I.G.F.; HOFLACK, G.G.; VAN SOOM, A.; DEWULF, J.; NICHI, M.; KRUIF, A.; BOLS, P.E.J. Evaluation of epididymal semen quality using the Hamilton–Thorne analyser indicates variation between the two caudae epididymides of the same bull. **Theriogenology,** v.66, p.323–330, 2006.

GOULETSOU, P.G.; AMIRIDIS, G.S.; CRIPPS, P.J.; LAINAS, T.; DELIGIANNIS, K.; SARATSIS, P.; FTHENAKIS, G.C. Ultrasonographic appearance of clinically healthy testicles and epididymides of rams. **Theriogenology,** v.59, n.9, p.1959-1972, 2003.

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.; BISHOP, S.C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science,** v.63, p.111-119, 2000.

HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Agricultural Research,** v. 44:423–430, 2004.

KASTELIC, J.P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology,** v.81, p.18-23, 2014.

KASTELIC, J.P.; SILVA, A.E.D.F.; BARBOSA, R.T. Relationships between pixel intensity of testicular ultrasonograms and sperm morphology in Nelore and Canchim bulls. **Revista Brasileira de Reprodução Animal,** v.21, p.40-42, 1997.

KNIGHTS, S.A., BAKER, R.L.; GIANOLA, D.; GIBB, J.B. Correlations among growth and reproductive traits in yearling estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic Angus bulls. **Journal of Animal Science,** v.58, n.4, p.887-893, 1984.

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

LANNA, D.P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção? In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais…** SBMA, [2004].

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

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K; MATHISON, G.W., et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science,** v.84, p. 145-153, 2006.

OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A. et al. Residual Feed Intake and Feed Efficiency: Differences and Implications. **Proceedings...** Florida Ruminant Nutrition Symposium Annual Meeting, p. 27-38, 2004.

PACHECO, A.; MADELLA-OLIVEIRA, A.F.; QUIRINO, C.R. Biometria e formas dos testículos em cordeiros da raça Santa Inês explorados em regime de manejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v.5, n.1, p.123-128, 2010.

PANT, H.C.; SHARMA, R.K.; PATEL, S.H.; SHUKLA, H.R.; MITTAL, A.K.; KASIRAJ, R.; MISRA, A.K.; PRABHAKAR, J.H. Testicular development and its relationship to sêmen production in Murrah buffalo bulls. **Theriogenology,** v.60, p.27-34, 2003.

PAPA, F.O.; CRESPILHO, A.M., DELL´AQUA C.P.F., DELL´AQUA JR J.A. Impacto do sêmen no sucesso dos programas de IATF: métodos básicos e avançados de avaliação. In: Simpósio Internacional de Reprodução Animal aplicada, 3, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008. p.78-94.

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

SEGUI, M.S.; TURRA, T.A.; FALEIROS, E.; WEISS, R.R.; KOZICKI, L.E.; SANTOS, I.W. Correlação entre a biometria testicular, a idade e as características reprodutivas de touros da raça Nelore. **Archives of Veterinary Science,** v.16, n.1, p.1-6, 2011.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T.; FREITAS, A.R. Relação da Circunferência Escrotal e Parâmetros da Qualidade do Sêmen em Touros da Raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.31, n.3, p.1157-1165, 2002.

STIEVEN, I.C.B. **Relações do consumo alimentar residual com perfil hematológico, estresse e comportamento ingestivo em bovinos Purunã.** 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.D.F.; MCMANUS,C.; CARDOSO, E.P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros Zebuínos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.29, n.1, p.136-144, 2000.

VIU, M.A.O.; MAGNABOSCO, C.U.; FERRAZ, H.T.; GAMBARINI, M.L.; OLIVEIRA FILHO, B.D.; LOPES, D.T.; VIU, A.M.F. Desenvolvimento ponderal, biometria testicular e qualidade seminal de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) criados extensivamente na região centro-oeste do Brasil. **Archives of Veterinary Science,** v.11, n.3, p.53-57, 2006.

WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal Science,** v.81, p.1371-1381, 2003.

WOLF, F.R.; ALMQUIST, J.O.; HALE, E.B. Prepuberal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. **Journal of Animal Science,** v.24, p.761-765, 1965.

CAPÍTULO II – CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA, BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR NA AVALIAÇÃO DE IDADE À PUBERDADE DE BOVINOS EM CRESCIMENTO

RESUMO

A seleção de bovinos para precocidade sexual é importante, uma vez que antecipa o uso desses animais como reprodutores. A precocidade sexual pode ser avaliada pela idade a puberdade, porém os parâmetros utilizados na avaliação da puberdade possuem resultados conflitantes. Objetivou-se avaliar os parâmetros relacionados com a idade a puberdade em bovinos a fim de mensurar a precocidade sexual destes animais com maior confiabilidade e, assim, utilizar esta característica em programas de seleção. Foram avaliados 61 tourinhos da raça Purunã com média de 10 meses de idade e 243 kg de peso corporal (PC), mantidos em confinamento. O período experimental foi de 168 dias, onde foram realizadas quatro avaliações em que foram mensurados: (1) peso, (2) perímetro escrotal (PE), (3) comprimento testicular (CT), (4) largura testicular (LT), (5) intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT) por meio de ultrassonografia e (6) dosagem de testosterona sérica. Os valores de CT e LT foram utilizados no cálculo do volume testicular (VT) e da forma testicular (FT). A IPT apresentou aumento até a puberdade. A concentração de testosterona sérica apresentou pico aos 14 meses de idade. O PE e o VT apresentaram aumento contínuo após a puberdade e alta correlação com a idade (r_{PE} = 0,78 e r_{VT} = 0,79). A FT variou de acordo com o desenvolvimento corporal e sexual dos animais, predominando a forma longo-moderada. As medidas mais indicadas para avaliar a puberdade em bovinos foram a dosagem de testosterona sérica e a ITP, pois o PE e VT continuam se a desenvolver após a maioria dos animais entrarem em puberdade. Não foi possível estabelecer uma equação confiável para estimar valores de testosterona e IPT a partir da idade dos animais e das demais características avaliadas.

Palavras-chave: bovinos de corte, precocidade sexual, reprodução, técnica de avaliação reprodutiva

CHAPTER II – SERUM TESTOSTERONE, TESTICULAR BIOMETRY AND ULTRASONOGRAPHY IN EVALUTION OF PUBERTY AGE IN GROWING CATTLE

ABSTRACT

The selection of cattle based on sexual precocity is important to use these animals as sires at youngest ages. Sexual precocity may be assessed by the age at puberty, but the parameters used to evaluate puberty in cattle show conflicting results. Thus, parameters related to age at puberty were evaluated with purpose of measuring the sexual precocity with higher accuracy and facilitate the use this trait in beef cattle selection programs. There were used 61 growing bulls of Purunã breed with average of 10 months of age and 243 kg of body weight (BW) fed in feedlot. The experimental period lasted 168 days and four evaluations were performed to measure: (1) weight, (2) scrotal circumference (SC), (3) testicular length (TL), (4) testicular width (TW), (5) testicular ultrasonogram pixel intensity (TUPI) and (6) serum testosterone. TL and TW were used to calculate testicular volume (TV) and testicular form (TF). TUPI increased until puberty. Serum testosterone showed peak at 14 months of age. SC and TV showed continuous increase after puberty and high correlation with age (r_{SC} = 0.78 and r_{TV} = 0.79). TF ranged according to the body and sexual development of the animals, and long-moderate form was predominant. The most appropriate measures to assess puberty in cattle were serum testosterone and TUPI, because SC and TV showed continuous increase after puberty. There was no possible establish a reliable equation to estimate the serum testosterone and TUPI values from the age and other characteristics evaluated.

Keywords: beef cattle, reproduction, reproductive evaluation technique, sexual precocity, testicular ultrasonogram pixel intensity

1. INTRODUÇÃO

O desempenho reprodutivo tem grande relevância na pecuária de corte, dado o impacto que apresenta na viabilidade econômica da produção de bovinos de corte (Fonseca, 1991). Uma forma de melhorar o desempenho reprodutivo e intensificar o retorno financeiro ao produtor é realizar a seleção de animais com base na precocidade sexual. Porém, esta técnica ainda é pouco utilizada, principalmente com touros, devido a dificuldade de identificação da idade à puberdade e de maturidade sexual, que caracterizam animais precoces.

A aferição do perímetro escrotal e/ou volume testicular são as técnicas mais utilizadas à campo a fim de avaliar a precocidade sexual. Estas técnicas são muito utilizadas devido a sua facilidade de execução, elevada repetibilidade, moderada herdabilidade e correlação positiva com peso corporal e idade à puberdade (Cyrillo et al., 2001; Boligon et al., 2010).

A técnica com melhor aceitação para avaliação da puberdade e maturidade sexual tem sido a coleta e avaliação de sêmen. Segundo esta técnica, o animal é considerado em puberdade quando apresenta 5 milhões de espermatozoides no ejaculado com 10% de motilidade progressiva (Wolf et al., 1965). A maturidade sexual é considerada quando os animais apresentam ejaculado com motilidade mínima de 30% e máximo de 30% de defeitos espermáticos (Brito et al., 2004). Porém esta avaliação exige um técnico especializado e é necessário realizar várias coletas seguidas de sêmen para identificar a idade exata de puberdade e/ou maturidade sexual dos animais.

Outra forma de avaliar a precocidade sexual é a partir da dosagem da concentração de testosterona sérica (Evans et al., 1996; Moura et al., 2002; Barth et al., 2008). No entanto esta técnica tem sido pouco utilizada devido ao elevado custo. Segundo EVANS et al. (1996) dosagens de testosterona superior a 1ng/mL indicam que o animal está entrando em puberdade. Entretanto, após o pico de concentração sérica de testosterona este animal se tornará púbere.

Por último, a ultrassonografia testicular vem demonstrando em pesquisas recentes que também pode ser utilizada para avaliar a idade à puberdade (Brito et al., 2012; Kastelic, 2014). Quanto mais próximo da puberdade, o parênquima testicular dos

animais apresenta maior ecogenicidade. Apesar de ser uma avaliação que também exige um técnico especializado, é uma avaliação de fácil, rápida execução, não é invasiva e de custo relativamente baixo quando comparado à dosagem de testosterona sérica (Gouletsou et al., 2003).

Neste contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar as medidas utilizadas para identificação de idade à puberdade e estabelecer uma medida que consiga predizer se animal se encontra ou não em puberdade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado na Estação Experimental Fazenda Modelo (EEFM) do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), localizada em Ponta Grossa - PR. O período experimental se estendeu de Abril a Outubro de 2012, totalizando 168 dias experimentais.

Foram avaliados 61 tourinhos Purunã todos provenientes da EEFM do IAPAR. O Purunã foi desenvolvido pelo IAPAR, sendo composto por ¼ Charolês, ¼ Caracu, ¼ Aberdeen Angus e ¼ Canchim.

No período pré-experimental os animais permaneceram em pastagem de hemártria (*Hemarthria altissima* cv. Florida), com suplementação concentrada, ofertada ao nível de 0,6% do peso corporal (PC) na matéria seca (MS)/animal/dia. Neste período de pós-desmame os animais apresentaram idade média de 7,8 ± 1,3 meses e PC médio de 208,6 ± 35,1 kg.

O período de adaptação iniciou-se 60 dias após o desmame, quando os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais e confinamento total e coberto. O período de adaptação às instalações e à dieta foi de 14 dias. Ao início deste período os animais apresentavam idade média de 10,0 ± 1,3 meses e PC de 243,0 ± 36,2 kg.

A dieta experimental foi composta, em base de MS, por 420 g/kg de concentrado e 580 g/kg de silagem de milho. O concentrado, em base de matéria natural (MN), foi composto por 150 g/kg de farelo de soja, 180 g/kg de soja grão, 650 g/kg de farelo de milho e 20 g/kg de suplemento mineral Fosbovi 30®. A composição nutricional da dieta está apresentada na TABELA 1, os quais foram analisados no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina (UFPR - Palotina).

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) conforme SILVA e QUEIROZ (2002); os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com VAN SOEST et al. (1991). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia metabolizável (EM) foram calculados de acordo com WEISS et al. (1992).

TABELA 1 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (g/kg DE MATÉRIA NATURAL – MN) E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL (g/kg DE MATÉRIA SECA – MS) DO CONCENTRADO, DA SILAGEM DE MILHO E DA DIETA TOTAL OFERTADA AOS TOURINHOS

Composição[1]	Concentrado	Silagem de Milho	Dieta Total
MS (g/kg de MN)	888,9	281,6	398,7
PB (g/kg de MS)	203,5	83,4	135,0
EE (g/kg de MS)	73,9	33,0	50,6
FDN (g/kg de MS)	94,6	534,6	345,4
FDA (g/kg de MS)	35,1	297,1	184,4
LIG (g/kg de MS)	2,5	38,6	23,1
RM (g/kg de MS)	44,4	41,7	42,9
Ca (g/kg de MS)	4,3	3,2	3,7
P (g/kg de MS)	5,8	2,1	3,7
NDT (g/kg de MS)	912,8	655,7	766,3
EM (Mcal/kg de MS)	3,37	2,35	2,79

[1]PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LIG = lignina; RM = resíduo mineral; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável

Os animais foram alimentados na forma de ração total misturada (RTM). A dieta total foi dividida em duas ofertas diárias, as 10h e 15h. O ajuste da oferta de alimento foi realizado diariamente para cada animal, mantendo-se as sobras entre 10-15% da dieta ofertada.

Ao início do experimento os animais se encontravam devidamente vacinados. As vermifugações foram realizadas nos dias 0 e 84 do período experimental. No dia 0 foi realizada vermifugação com ivermectina a 3,15% na dosagem de 1 mL/50 kg de PC. No dia 84 foi repetida a vermifugação com ivermectina a 3,15% na mesma dosagem da aplicação anterior e também foi administrado albendazol a 10% na dosagem de 1 mL/40 kg de PC. Todas as aplicações foram realizadas na forma injetável via subcutânea na tábua do pescoço dos animais. No dia 84 cada vermífugo foi aplicado em locais diferentes (lado esquerdo e direito do pescoço).

2.2. AVALIAÇÕES REPRODUTIVAS

Ao início do período experimental, os animais apresentaram idade média de 10,4 ± 1,3 meses e PC de 252,6 ± 39,3 kg. O experimento iniciou-se com as avaliações de pesagem, biometria testicular, ultrassonografia testicular e coleta de sangue para dosagem da concentração sérica de testosterona. Estas avaliações foram realizadas com intervalos de 56 dias, totalizando 4 avaliações. No último dia experimental também foi realizada a coleta e avaliação de sêmen dos tourinhos, os quais apresentaram idade média de 16,2 ± 1,3 meses e PC de 448,6 ± 61,0 kg.

A avaliação de biometria testicular foi realizada através das medições de perímetro escrotal (PE, cm), comprimento testicular (CT, cm), largura testicular (LT, cm), volume testicular (VT, cm^3) e forma testicular (FT), realizadas pelo mesmo técnico.

O PE foi aferido com fita milimetrada específica para esta avaliação. A aferição foi realizada na posição de maior envergadura do testículo. A LT e o CT foram aferidos com paquímetro milimetrado, sendo medidos isoladamente em cada testículo, direito e esquerdo. A LT foi aferia a partir do local de maior envergadura testicular no sentido latero-medial, o CT foi medido no sentido dorso-ventral excluindo-se a cabeça e calda do epidídimo.

O VT foi calculado à partir da fórmula geométrica de cilindro, conforme descrito por FIELDS et al. (1979), onde VT = 2.((LT/2)².π.CT). A forma testicular (FT) foi calculada pela razão LT/CT, conforme proposto por BAILEY et al. (1996) que dividiram em 5 classes (TABELA 2).

TABELA 2 - FORMAS TESTICULARES DE ACORDO COM A CLASSE

Classe	Razão	Formato
1	≤ 0,5	Longo
2	0,51 a 0,625	Longo-moderado
3	0,626 a 0,750	Longo-oval
4	0,751 a 0,875	Oval-esférico
5	> 0,875	Esférico

FONTE: Adaptado de BAILEY et al. (1996)

As avaliações de ultrassonografia foram realizadas no aparelho Mindray® 3300 VET acoplado a um transdutor linear de 8 MHz. Utilizando-se gel acústico no transdutor, foram realizadas as imagens dos testículos direito e esquerdo nos planos transversal e frontal. Obteve-se quatro imagens ultrassonográficas do parênquima testicular por animal por avaliação: (1) plano frontal do testículo direito, (2) plano transversal do testículo direito, (3) plano frontal do testículo esquerdo e (4) plano transversal do testículo esquerdo.

Após as avaliações ultrassonográficas, as imagens foram transferidas para o computador e analisadas no programa ImageJ®. Foram selecionadas quatro regiões do parênquima testicular de cada imagem ultrassonográfica para avaliar a escala de cinza (intensidade de *pixels* das imagens), que varia de zero (imagem toda preta) a 255 (imagem toda branca). As quatro regiões foram delimitadas por quadrados de mesma área (1cm²), conforme apresentado na FIGURA 1.

O valor médio calculado a partir das escalas de cinza mensuradas nas quatro regiões do parênquima testicular correspondeu a intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT) de cada imagem analisada. Posteriormente, foi calculada a IPT média de todas as imagens obtidas de cada animal em cada avaliação, totalizando quatro mensurações de IPT por animal no período experimental.

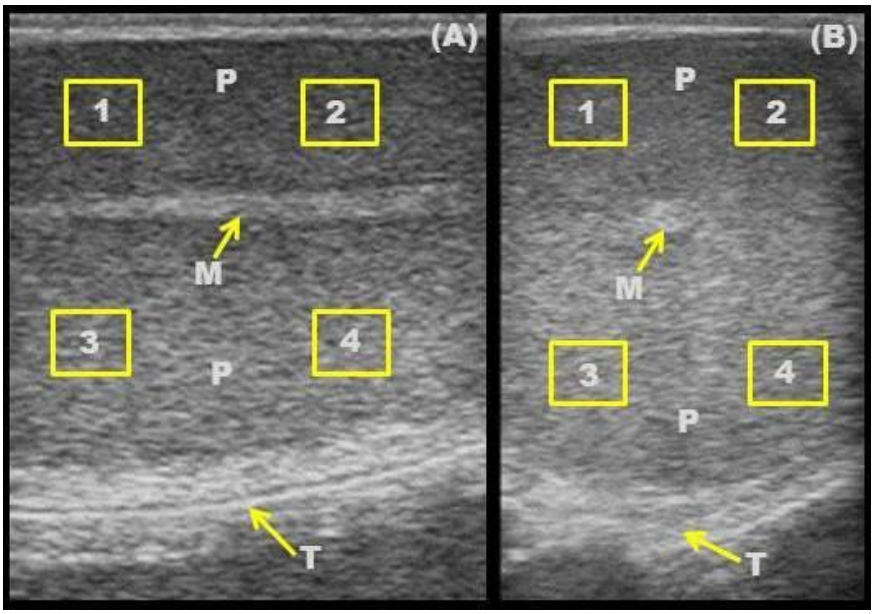


FIGURA 1- METODOLOGIA ADOTADA PARA AVALIAR A INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) NAS IMAGENS ULTRASSONOGRÁFICAS DOS TESTÍCULOS DE TOURINHOS PURUNÃ. IMAGEM À ESQUERDA (A) PLANO FRONTAL E À DIREITA (B) PLANO TRANSVERSAL
1,2,3 E 4 - REGIÕES SELECIONADAS PARA MEDIR UNIDADE *PIXELS* EM CADA IMAGEM; M - MEDIASTINO TESTICULAR; P - PARÊNQUIMA TESTICULAR; T - TÚNICAS TESTICULARES

As dosagens de testosterona sérica foram realizadas à partir da coleta de sangue dos bovinos. Foram coletadas amostras de 9mL de sangue por venipunção jugular, em tubos à vácuo sem anticoagulante. O horário de coleta de cada animal foi registrado. Após a coagulação, as amostras foram centrifugadas a 4000 rotações por minuto (RPM) durante 10 minutos. O soro obtido foi armazenado em duplicata e permaneceu congelado a -20°C até o momento das análises, que foram realizados no Laboratório de Fisiologia Animal da UFPR. A metodologia utilizada para dosagem de testosterona foi de enzima-imuno-ensaio (ELISA - Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay; Brown et al., 2004).

O exame de sêmen foi realizado conforme a recomendação do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998). Previamente ao exame do sêmen foi realizado exame clínico geral dos animais com inspeção e palpação do genital externo. A coleta de sêmen foi realizada por eletroejaculação e posteriormente foi realizado o exame macroscópico do sêmen, que incluiu volume, aspecto e odor. No exame

microscópico avaliou-se a concentração espermática, turbilhonamento, vigor, motilidade e defeitos (maiores, menores e totais). Os animais foram considerados em puberdade apenas quando apresentaram ejaculado com concentração mínima de $5x10^6$ espermatozoides e motilidade progressiva mínima de 10%, conforme descrito por WOLF et al. (1965).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo modelo linear geral (PROC GLM) em função da idade dos animais em cada dia de avaliação, em delineamento inteiramente casualizado. As médias obtidas para as variáveis IPT, PE, VT e concentração de testosterona sérica para cada idade dos animais foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer com significância de 5%.

Foram realizadas as analises de correlação linear simples de Pearson (PROC CORR) entre as variáveis idade, PC, PE, VT, FT, IPT, concentração de testosterona ao nível de significância de 5%. Realizou-se análise de regressão pelo modelo *stepwise* fixando-se os parâmetros IPT e concentração de testosterona sérica como variáveis dependentes e os demais parâmetros produtivos e reprodutivos, e os dias experimentais em cada dia de avaliação como variáveis independentes. Considerou-se o nível de significância à 5% para inclusão dos parâmetros nos modelos avaliados. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A IPT apresentou aumento significativo ($P<0,05$) entre as idades de 10 e 12 meses. Apesar de ter ocorrido aumento da IPT entre as idades de 12 e 16 meses, este foi menos intenso ($P>0,05$) que o observado entre 10 e 12 meses de idade (FIGURA 2). O aumento da IPT indica que houve aumento da ecogenicidade testicular, que está

associado com o período em que o animal está entrando em puberdade (Kastelic, 2014).

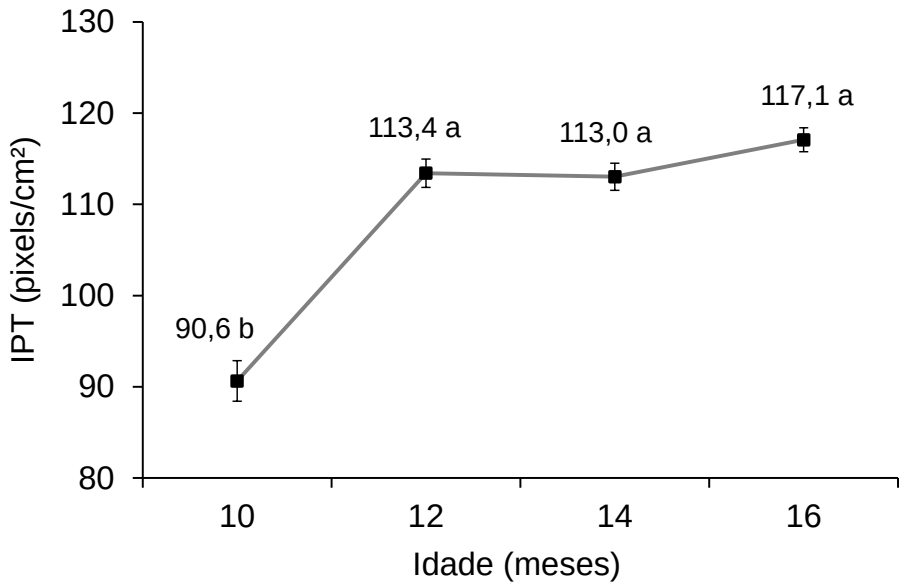


FIGURA 2 - INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) OBSERVADO DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE

Alguns estudos demonstram aumento da ecogenicidade testicular entre as idades de 6 e 13 meses (Evans et al., 1996; Chandolia et al., 1997; Brito et al., 2012). Nestes estudos os autores relataram que o aumento de ecogenicidade ocorre devido ao início da proliferação de células no parênquima testicular e ao aumento da densidade de células que vão dar origem às espermátides e, consequentemente, aos espermatozóides.

BRITO et al. (2012) avaliando tourinhos Charolês, Angus e suas cruzas (raças que são utilizadas para formar o Purunã) observaram que o aumento da IPT iniciou 5 a 3 meses antes dos tourinhos entrarem em puberdade. Estes resultados também foram observados no presente estudo, sendo que na última avaliação, 70% dos animais foram considerados púberes apresentando peso médio de 448,58 kg (FIGURA 3).

PINHO et al. (2012) avaliaram touros da raça Montana de 22 a 33 meses de idade. Neste estudo não foi observada diferença na IPT nestas idades de avaliação, sendo assim os autores consideraram que a ultrassonografia testicular não é indicada

para avaliação de maturidade sexual. Porém, conforme citado anteriormente, a variação da ecogenicidade ocorre principalmente entre 6 e 12 meses de idade, sendo considerado o período pré-puberdade até a puberdade. Portanto, os autores supracitados não observaram variação na IPT entre 22 e 33 meses de idade devido ao fato de os animais já se apresentarem púberes nesta faixa de idade. Dessa forma, após atingir a maturidade sexual (período pós-puberdade) não há variação significativa da ecogenicidade testicular, ou seja, da IPT.

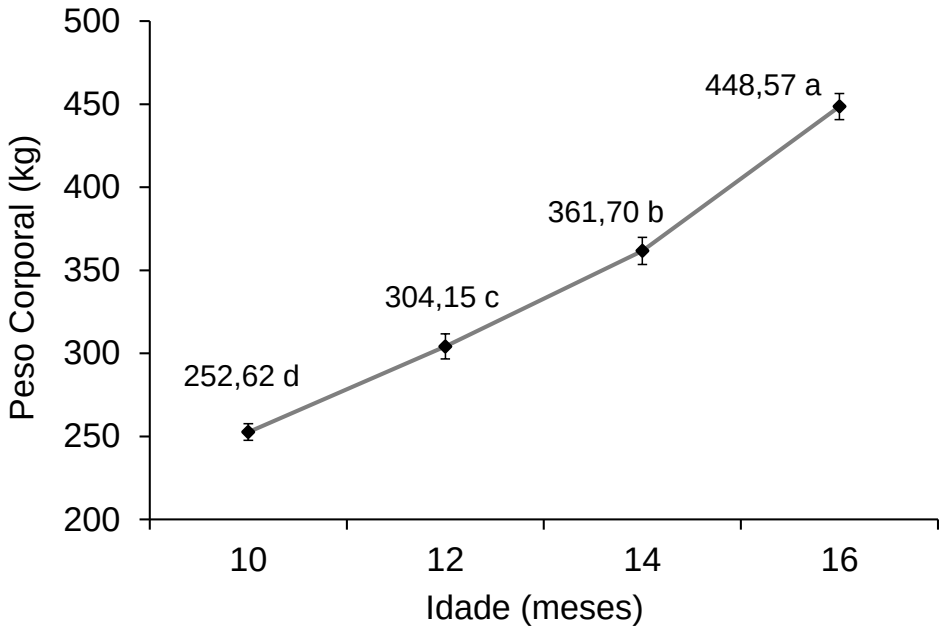


FIGURA 3 - PESO CORPORAL (PC) OBSERVADO DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE

Houve aumento progressivo (P<0,05) da testosterona sérica dos tourinhos até os 14 meses de idade (FIGURA 4). Porém, dos 14 aos 16 meses a dosagem não apresentou diferença significativa (P>0,05). Isso pode ter ocorrido devido aos animais já estarem púberes nesta faixa de idade. A puberdade é marcada por um pico nas concentrações basais de testosterona (Amann e Walker, 1983). No presente estudo o pico foi observado aos 14 meses, onde os animais apresentara PC médio de 361,70 kg (FIGURA 3). Logo após o pico a testosterona sérica estabilizou, uma vez que não foi encontrada diferença significativa (P>0,05) aos 14 e 16 meses.

Segundo EVANS et al. (1996) dosagens de testosterona igual ou superior a 1 ng/mL indicam início da puberdade em touros, onde o aumento da concentração de testosterona está relacionado ao aparecimento e aumento de espermatozoides no ejaculado e diminuição dos defeitos espermáticos. Os valores médios da concentração sérica de testosterona foram 1,6 ng/mL, 2,86 ng/mL, 4,03 ng/mL e 4,61 ng/mL nas idades 10, 12, 14 e 16 meses, respectivamente. Portanto, ao início do período experimental os tourinhos Purunã já se encontravam em início de puberdade. Considerando que nos sistemas de produção de bovinos de corte utilizados no Brasil a idade à puberdade varia de 10 à 18 meses de idade, os bovinos Purunã com início de puberdade aos 10 meses podem ser considerados animais de alta precocidade sexual.

LUSTRA et al. (1978) trabalharam com touros puros da raça Angus e mestiços das raças Angus e Hereford dos 7 aos 13 meses de idade. Os autores encontraram concentrações de testosterona sérica superiores nesses animais comparados aos Purunã, sendo as concentrações encontradas de 5 ng/mL e 7ng/mL aos 10 e 13 meses, respectivamente.

ASSUMPÇÃO et al. (2013) avaliaram bovinos da raça Nelore dos 12 aos 24 meses, e encontraram concentrações de testosterona superiores aos deste estudo, correspondendo a 7,43 ng/mL, 11,34 ng/mL e 10,35 ng/mL aos 12, 14 e 16 meses de idade, respectivamente. SANCHES et al. (1998) utilizando touros Nelore encontraram concentrações de testosterona de 1,95 ng/mL aos 10 meses, 3,7 ng/mL aos 12 meses e 5,4 ng/mL aos 15 meses. A grande variação observada nas concentrações séricas de testosterona entre animais de mesma idade, incluindo os resultados obtidos no presente estudo, pode estar relacionada a raça. Taurinos tendem a ser menos precoces que zebuínos, sendo o Purunã formado por raças predominantemente taurinas (Charolês, Angus e Caracu).

Além disso, a condição nutricional exerce forte influência na precocidade sexual, onde animais alimentados em confinamento e que apresentam ritmo de crescimento acelerado, como no presente estudo, atingem a puberdade em idades precoces. Outros fatores como a seleção por precocidade sexual em cada propriedade, a época do ano de coleta de amostras para dosagem de testosterona, intervalo de

coletas, idade dos animais também ocasionam alterações da idade a puberdade (Moura et al., 2002; Barth et al., 2008 ; Costa e Silva et al., 2013).

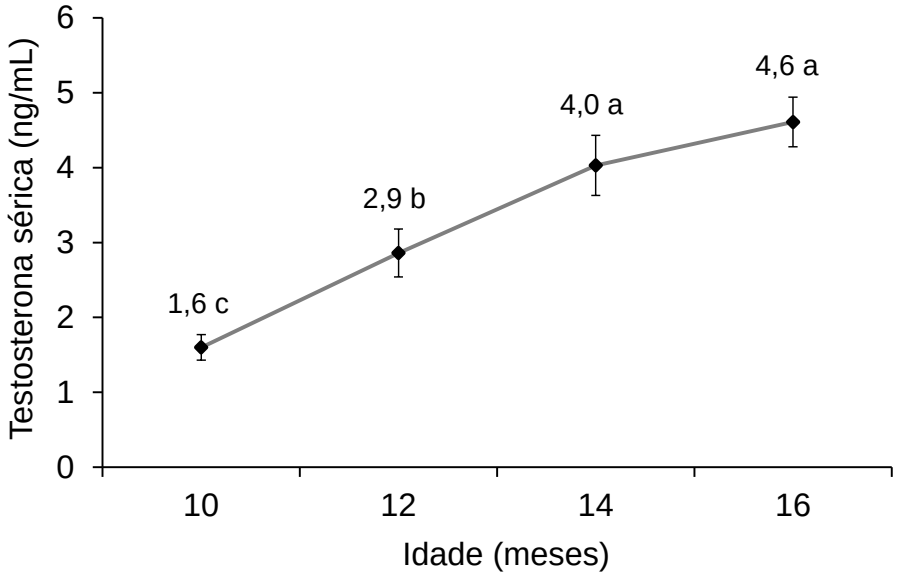


FIGURA 4 - CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA OBSERVADA DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE

O PE e o VT apresentaram crescimento progressivo (P<0,05) durante todo período experimental, havendo diferença significativa entre todas as idades avaliadas (FIGURA 5). Segundo RAWLINGS et al. (2008), o PE pode ser utilizado para avaliar idade a puberdade, onde animais com PE ≥ 28 cm podem ser considerados púberes. Os tourinhos Purunã apresentaram PE médio de 29,2 cm os 12 meses de idade, indicando, segundo os autores, a precocidade da raça. Por outro lado, alguns autores relatam animais em puberdade com PE menor que 28 cm, desta forma apenas o PE não é uma medida muito segura de avaliar idade à puberdade (Brito et al., 2004; Brito et al., 2012). O PE tem correlação positiva com qualidade espermática, portanto não se deve descartar esta medida na seleção de touros mesmo não sendo o melhor indicativo de idade à puberdade (Coulter e Foote, 1979; Makarechian et al., 1985).

A diferença entre os PE à puberdade citados anteriormente pode ser devido a raça utilizada, no geral zebuínos apresentam testículo mais alongado que taurinos, portanto, o PE nos zebuínos tende a ser menor (Miranda Neto et al., 2011). Com base nisso, alguns autores relatam que o VT seria uma forma mais segura de avaliar os

tourinhos tanto para precocidade sexual como para produção e qualidade espermática, pois o VT leva em consideração a forma testicular (FT; Bailey et al., 1996 e 1998; Unanian et al., 2000).

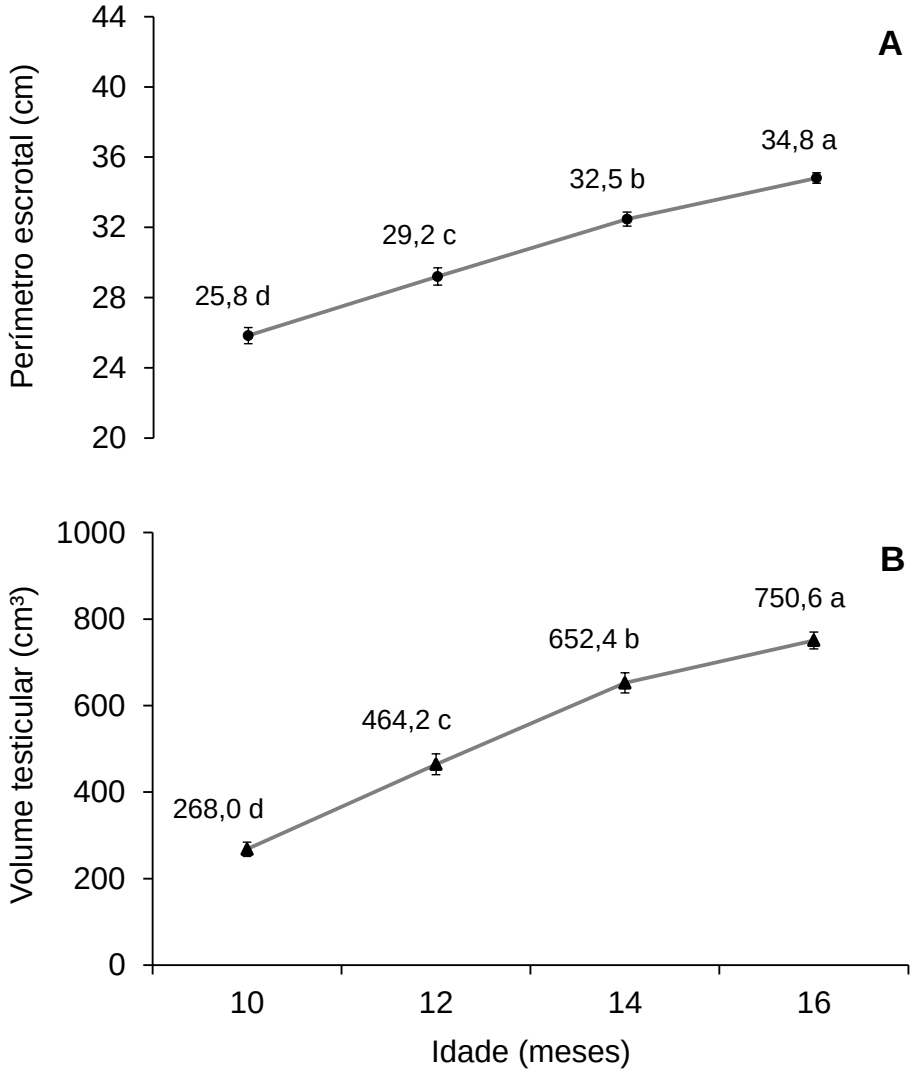


FIGURA 5 - PERÍMETRO ESCROTAL (A) E VOLUME TESTICULAR (B) OBSERVADOS DE TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE

BOLIGON et al. (2010) avaliaram touros Nelore e relataram não haver diferença significativa nas avaliações de PE e VT, sendo assim recomendaram a utilização do PE por ser uma medida menos onerosa de ser realizada. No presente estudo o PE e VT apresentaram evolução semelhante durante o período avaliado (FIGURA 5). A

correlação do PE com a idade foi de 0,78 e do VT foi de 0,79, ambos os resultados foram significativos (P<0,05), portanto, este resultado está de acordo com o relatado por BOLIGON et al. (2010).

As formas testiculares predominantes nos tourinhos Purunã foram longo e longo-moderado. Com o avançar da idade dos animais a forma testicular se alterou, mostrando que estes animais ainda se encontravam em fase de desenvolvimento testicular (FIGURA 6).

UNANIAN et al. (2000) relataram que com o aumento da idade de bovinos jovens a forma testicular se altera, sendo que a forma tende a se tornar ovalada em bovinos adultos. O mesmo foi observado no presente estudo, os animais com 12 e 14 meses apresentavam maior frequência de testículos longos, aos 16 meses estes animais inverteram as frequências, sendo que o longo-moderado ocorreu em maior percentagem.

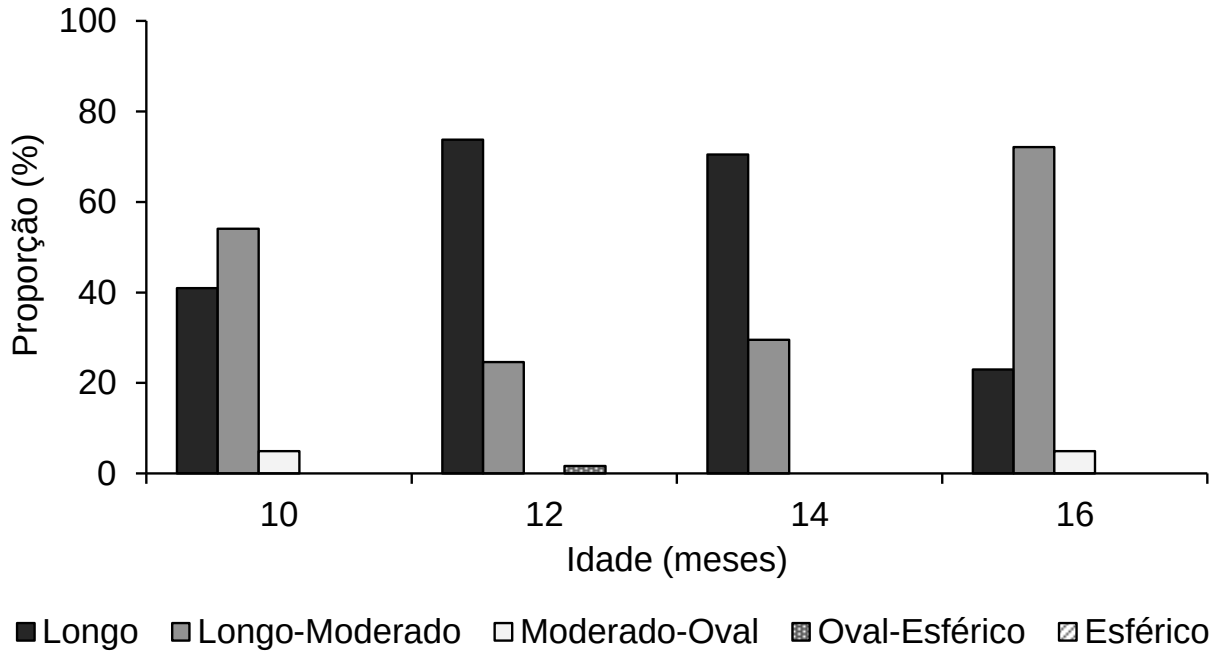


FIGURA 6 - VARIAÇÃO DA FORMA TESTICULAR EM TOURINHOS PURUNÃ DOS 10 AOS 16 MESES DE IDADE

A concentração de testosterona sérica e a IPT apresentaram correlação positiva e moderada (P<0,05) com idade e PC (TABELA 3). BRITO et al. (2007) avaliando

bovinos dos 3 aos 20 meses de idade, também encontraram correlação positiva e moderada (r = 0,61) entre a concentração de testosterona sérica e PC. Porém, ASSUMPÇÃO et al. (2013) encontraram correlação fraca (r = 0,21) entre estas variáveis. De acordo com os resultados encontrados no presente estudo e por BRITO et al. (2007), verificou-se que a concentração de testosterona sérica, o IPT e o PC aumentaram com o avanço da idade, o que está relacionado ao desenvolvimento corporal e sexual destes animais.

ASSUMPÇÃO et al. (2013) avaliaram touros Nelore com idade entre 12 e 24 meses e observaram que a idade à puberdade destes animais variou entre 12 e 18 meses. A baixa correlação observada entre concentração sérica de testosterona e PC relatada por estes autores se deve ao fato dos animais estarem próximos da maturidade sexual, enquanto o desenvolvimento corporal ainda ocorria.

Houve correlação positiva e moderada (r = 0,40; P<0,05) entre IPT e concentração de testosterona sérica (TABELA 3). EVANS et al. (1996) avaliaram bovinos de 1 a 13 meses de idade e também encontraram correlação positiva e moderada (r = 0,62) entre estas variáveis. Com bases nesses resultados, a IPT demonstrou ser um bom indicador de idade à puberdade e precocidade sexual, assim como a concentração de testosterona sérica que é utilizada nestas avaliações.

TABELA 3 - MÉDIA E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) PARA IDADE, PESO E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS, E CORRELAÇÃO SIMPLES DE PEARSON DESSAS CARACTERÍSTICAS COM A INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT) E A CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA (TEST) EM TOURINHOS PURUNÃ COM 10 A 16 MESES DE IDADE

Variável	Média	EPM	IPT		Test	
			r	P	r	P
Idade (meses)	13,5	0,2	0,55	0,000	0,44	0,000
Peso corporal (kg)	341,8	5,9	0,49	0,000	0,47	0,000
IPT (*pixels*/cm²)	108,6	1,1	-	-	0,40	0,000
Testosterona sérica (ng/mL)	3,28	0,17	0,40	0,000	-	-
Perímetro escrotal (cm)	30,58	0,03	0,60	0,000	0,48	0,000
Volume testicular (cm³)	533,8	15,8	0,58	0,000	0,47	0,000
Forma testicular	0,50	0,00	-0,11	0,093	0,02	0,710

O PE e o VT tiveram correlação positiva e moderada (P<0,05) com a IPT e a concentração de testosterona sérica, a maior correlação encontrada destas medidas foi com a IPT (TABELA 3). Estes resultados estão de acordo com BRITO et al. (2007), que obtiveram correlação positiva e moderada (r = 0,62) entre concentração de testosterona sérica e o PE. BRITO et al. (2007) e ASSUMPÇÃO et al. (2013) avaliaram a correlação destas variáveis com o PC e idade, e observaram correlações positivas altas entre elas.

Neste estudo também foi encontrado correlação positiva e alta (P<0,05) entre estas variáveis. É provável que a correlação positiva e moderada (P<0,05) entre todas as variáveis relatadas anteriormente expressem a relação que elas tem com o PC e idade em tourinhos nesta fase de desenvolvimento corporal e sexual.

A FT não apresentou correlação com IPT e concentração de testosterona sérica (TABELA 3). Este resultado já era esperado, uma vez que a FT não tem relação com precocidade sexual e desenvolvimento corporal. Esta variável é mais utilizada com o intuito de caracterizar o formato dos testículos dos animais.

A FIGURA 7A mostra o gráfico com os valores de IPT observados de cada animal na idade média dos animais (10, 12, 14, 16), enquanto a FIGURA 7B mostra o gráfico com valores de IPT estimados. A equação de regressão encontrada foi do tipo múltipla, com $R^2 = 0,48$.

A equação que melhor se ajustou para estimar o IPT foi utilizando as variáveis comprimento testicular médio (CTM; cm), largura testicular média (LTM; cm), volume testicular médio (VTM; cm^3) e a concentração sérica de testosterona (ng/mL; FIGURA 7B). Porém o R^2 foi baixo, explicando apenas 48% da variação da IPT nos tourinhos avaliados. O baixo R^2 da equação de regressão de estimativa da IPT indicou que 52% da variação desta característica é explicada por outros fatores que não foram mensurados neste estudo.

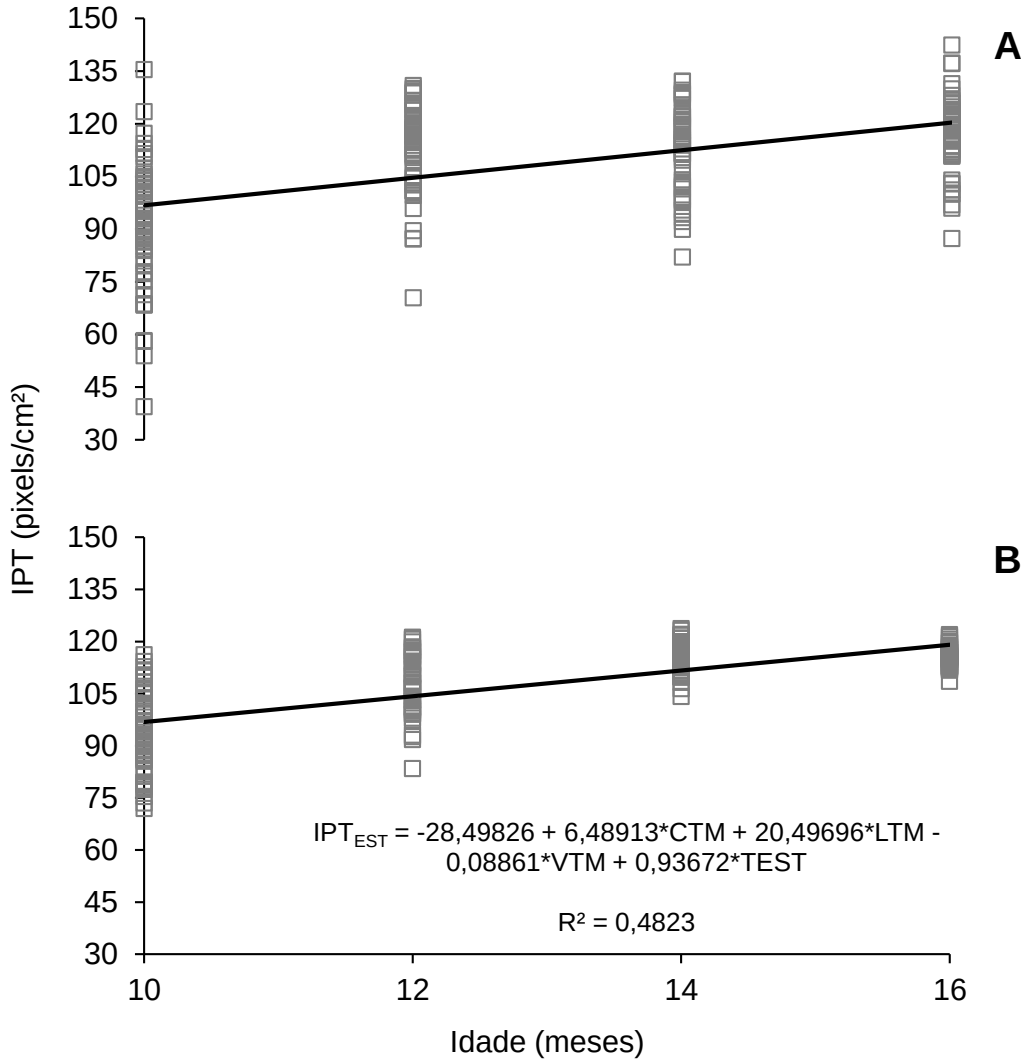


FIGURA 7 - ANÁLISE DE REGRESSÃO DA INTENSIDADE DE *PIXELS* DO PARÊNQUIMA TESTICULAR (IPT; *pixels*/cm²) EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO TESTICULAR MÉDIO (CTM; cm), LARGURA TESTICULAR MÉDIA (LTM; cm), VOLUME TESTICULAR MÉDIO (VTM; cm³) E CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA (TEST; ng/mL). (A) GRÁFICO COM OS DADOS OBSERVADOS; (B) GRÁFICO COM OS DADOS ESTIMADOS E COM A EQUAÇÃO DE REGRESSÃO GERADA

Conforme observado para IPT, a FIGURA 8A mostra o gráfico com os valores da concentração sérica de testosterona observados de cada animal nas idades médias dos animais (10, 12, 14, 16), enquanto a FIGURA 8B mostra o gráfico com valores de concentração sérica de testosterona estimados a partir da equação de regressão em função da idade dos animais (meses) e da IPT (*pixels*/cm²). A equação de regressão

encontrada foi do tipo múltipla, com $R^2 = 0,22$. Esta equação foi a que melhor se ajustou para estimar a concentração sérica de testosterona (FIGURA 8B), porém o R^2 foi ainda mais baixo que a regressão anterior, onde apenas 22% dos dados se ajustaram à equação. Isso provavelmente ocorreu devido ao alto valor do coeficiente de variação (CV) registrado para concentração sérica de testosterona, que foi de 73,48%.

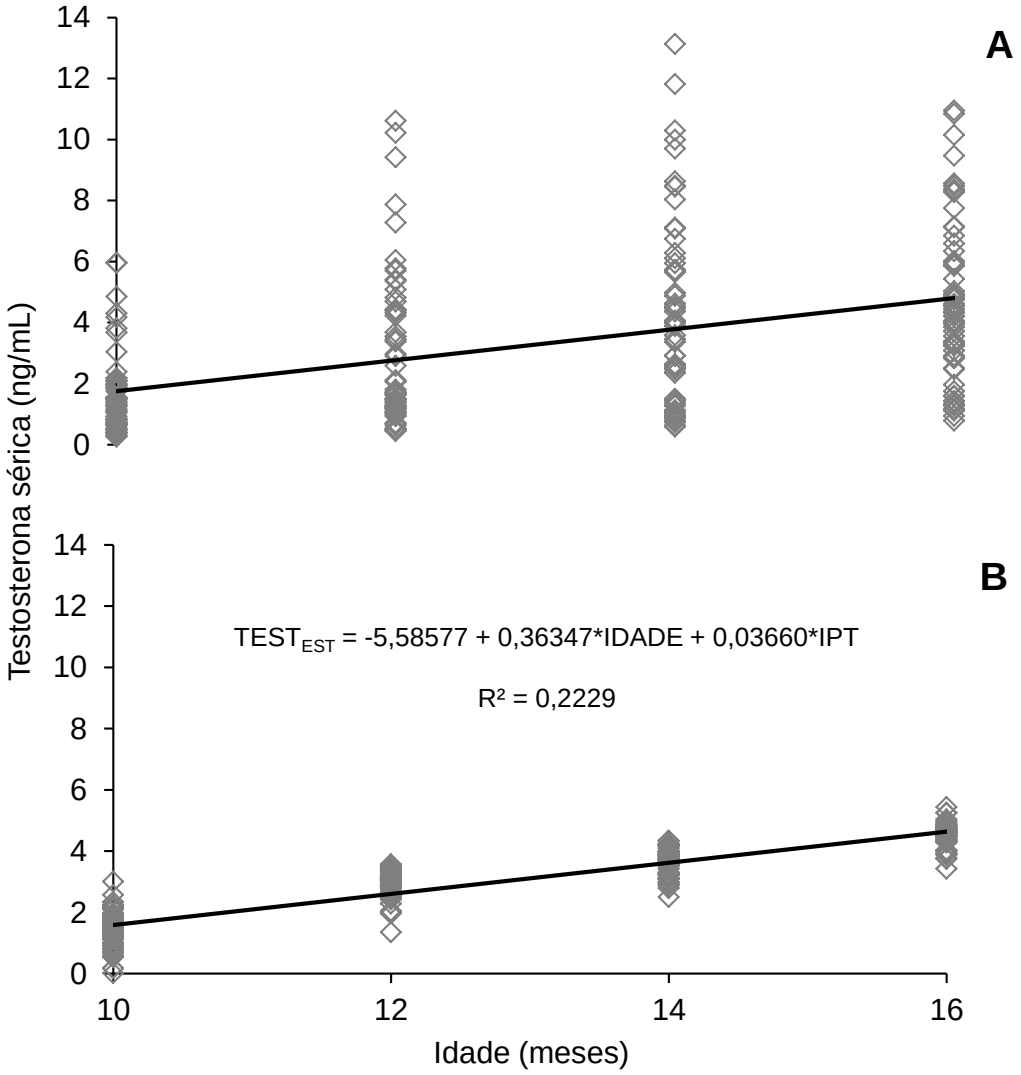


FIGURA 8 - ANÁLISE DE REGRESSÃO DA CONCENTRAÇÃO DE TESTOSTERONA SÉRICA (TEST; ng/mL) EM FUNÇÃO DA IDADE (meses) E DA INTENSIDADE DE *PIXELS* TESTICULAR (IPT; *pixels*/cm²). (A) GRÁFICO COM OS DADOS OBSERVADOS; (B) GRÁFICO COM OS DADOS ESTIMADOS E COM A EQUAÇÃO DE REGRESSÃO GERADA

Sabe-se que a testosterona sofre influência de inúmeros fatores para sua secreção. Portanto o baixo ajuste da equação pode ser devido a variação cíclica do hormônio e à sua característica de secreção pulsátil e, além disso, nesta fase em que os animais foram avaliados isso se deve principalmente a proliferação das células de Leydig (Sanches et al., 1998; Moura et al., 2002; Assumpção et al., 2013).

4. CONCLUSÕES

O VT e o PE são medidas pouco confiáveis para avaliar a idade à puberdade, uma vez que mesmo após a puberdade estas medidas continuam a se desenvolver.

A ultrassonografia testicular se mostrou efetiva para avaliar a idade à puberdade de tourinhos Purunã, mas é necessário acompanhar a evolução da IPT afim de avaliar a precocidade sexual. Não foi possível estabelecer uma equação de regressão com boa acurácia com as variáveis avaliadas neste estudo para estimar a IPT.

A concentração de testosterona sérica pode ser utilizada para avaliar a idade à puberdade de tourinhos Purunã, pois confirmou-se que após o pico médio de testosterona a maioria dos animais estavam púberes. Da mesma forma que para IPT, não foi possível estabelecer uma equação de regreção confiável com as variáveis avaliadas afim de estimar a concentração de testosterona sérica dos animais.

Tourinhos Purunã alimentados à vontade em confinamento apresentam alta precocidade sexual, uma vez que iniciaram a puberdade aos 10 meses com PC médio de 252 kg, e aos 16 meses com PC médio de 448 kg 70% dos animais já eram púberes.

REFERÊNCIAS

AMANN, R.P.; WALKER, O.A. Changes in the pituitary-gonadal axis associated with puberty in Holstein bulls. **Journal of Animal Science,** v.57, p.433-442, 1983.

ASSUMPÇÃO, T.I.; SOUZA, M.A.; ALBERTON, C.; PALLAORO, R.; KITAGAWA, C.; SILVA, N.A.M. Características reprodutivas de machos bovinos da raça Nelore da fase pré-púbere à maturidade sexual. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias,** v.20, n.3, p.148-154, 2013.

BAILEY, T.L.; HUDSON, R.S.; POWE, T.A.; RIDDELL, M.G.; WOLFE, D.F.; CARSON, R. L. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology,** v.49,p.581-594, 1998.

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L.; RIDDELL, M.G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology,** v.46, p.681-887, 1996.

BARTH, A.D.; BRITO, L.F.C.; KASTELIC, J.P. The effect of nutrition on sexual development of bulls. **Theriogenology**, v.70, p.485-494, 2008.

BOLIGON, A.A.; SILVA, J.A.V.; SESANA, R.C.; SESANA, J.C.; JUNQUEIRA, J.B.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1215-1219, 2010.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R.E.; CREWS JR., D.H.; MIR, P.S.; KASTELIC, J.P. Effect of nutrition during calfhood and peripubertal period on serum metabolic hormones, gonadotropins and testosterone concentrations, and on sexual development in bulls. **Domestic Animal Endocrinology,** v.33, p.1-18, 2007.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; WILDE, R.E.; KASTELIC, J.P. Testicular ultrasonogram *pixel* intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. **Theriogenology,** v.78, p.69-76, 2012.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; DODE, M.A.N.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC J.P. Sexual development in early and late maturing *Bos indicus* and *Bos indicus x Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology,** v.62, p.1198-1217, 2004.

BROWN, J.L.; WALKER, S.E.; STEINMAIN, K. Endocrine manual for the reproductive assessment of domestic and non-domestics species. Conservation and Research Center, Smithsonian´s National Zoological Park, Front Royal, Virginia -EUA, p.93, 2004.

CHANDOLIA, R.K.; HONARAMOOZ, A.; OMEKE, B.C.; PIERSON, R.; BEARD, A.P.; RAWLINGS, N.C. Assessment of development of the testes and accessory glands by ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. **Theriogenology,** v.48, p.119-132, 1997.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL - CBRA. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal.** 2.ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49p.

COSTA E SILVA, E.V.; FERREIRA, B.X.; QUEIROZ, V.L.D.; COSTA FILHO, L.C.C.; ZÚCCARI, C.E.S.N. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal,** v.37, n.2, p.97-104, 2013.

COULTER, G.H.; FOOTE, R.H. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to productive traits in cattle: a review. **Theriogenology,** v.11, p.297-311, 1979.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M.; MERCADANTE, M.E.Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.56-65, 2001.

EVANS, A.C.O.; PIERSON, R.A.; GARCIA, A.; MCDOUGALL, L.M.; HRUDKA, F.; RAWLINGS, N.C. Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. **Theriogenology,** v.46, n.2, p.345-357, 1996.

FIELDS, M.J.; BURNS, W.C.; WARNICK, A.C. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls. **Journal of Animal Science,** v.48, p.1299–1304, 1979.

FONSECA, V.O. Redução do período de serviço em vacas de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1991. Belo Horizonte. **Anais...** CBRA, v.2, p.1-21, 1991.

GOULETSOU, P.G.; AMIRIDIS, G.S.; CRIPPS, P.J.; LAINAS, T.; DELIGIANNIS, K.; SARATSIS, P.; FTHENAKIS, G.C. Ultrasonographic appearance of clinically healthy testicles and epididymides of rams. **Theriogenology,** v.59, n.9, p.1959-1972, 2003.

KASTELIC, J.P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology,** v.81, p.18-23, 2014.

LUNSTRA, D.D.; FORD, J.J.; ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: Hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual, aggressiveness in bulls of different breeds. **Journal of Animal Science,** v.46, p.1054-1062, 1978.

MAKARECHIAN, M.; FARID, A.; BERG, R.T. Scrotal circumference, semen characteristics, growth parameters and their relationships in young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science,** v.65, p.789-798, 1985.

MIRANDA NETO, T.; CASTILHO, E.F.; PINHO, R.O.; GUIMARÃES, S.E.F.; COSTA, E.P.; GUIMARÃES, J.D. Puberdade e maturidade sexual em touros jovens da raça Simental, criados sob regime extensivo em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.40, n.9, p.1917-1924, 2011.

MOURA, A.A.A.; RODRIGUES, G.C.; MARTINS FILHO, R. Desenvolvimento ponderal e testicular, concentrações periféricas de testosterona e características de abate em touros da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.31, n.2, p.934 -943, 2002.

PINHO, R.O.; COSTA, D.S.; SIQUEIRA, J.B.; CHAYA, A.Y.; MIRANDA NETO, T.; MARTINS, L.F.; GUIMARÃES, S.E.F.; GUIMARÃES, J.D. Testicular echotexture and seminal quality of young Montana Tropical Compound bulls classified as sound and unsound for breeding. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.41, n.8, p.1961-1965, 2012.

RAWLINGS, N.; EVANS, A.C.O.; CHANDOLIA, R.K.; BAGU, E.T. Sexual Maturation in the Bull. **Reproduction in Domestic Animals,** v.43, Suppl.2, p.295–301, 2008.

SANCHES, A.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; DERAGÓN, L.A.G. Efeito do manejo nutricional sobre medidas lineares e níveis de testosterona em touros zebuínos jovens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.46, 1998.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.D.F.; MCMANUS,C.; CARDOSO, E.P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros Zebuínos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.29, n.1, p.136-144, 2000.

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.

WOLF, F.R.; ALMQUIST, J.O.; HALE, E.B. Prepuberal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. **Journal of Animal Science,** v.24, p.761-765, 1965.

CAPÍTULO III – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS EM CRESCIMENTO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência alimentar com base no consumo alimentar residual (CAR) e a relação desta característica com as características reprodutivas em bovinos. Foram avaliados 52 tourinhos da raça Purunã, com média de 11 meses de idade e 257 kg de peso corporal (PC), confinados em baias individuais e alimentados à vontade por 112 dias. O PC inicial e final, e o ganho médio diário (GMD) foram semelhantes entre as classes de eficiência, apresentando valores médios de 254 kg, 372 kg e 1,05 kg/dia, respectivamente. Valores médios de 7,12; 7,78 e 8,04 kg/dia para consumo de matéria seca (MS) e -0,38; -0,02 e 0,51 kg de MS/dia para CAR foram observados nas classes eficiente, intermediária e ineficiente, respectivamente. O consumo de proteína e energia foi semelhante entre as classes de eficiência, com valores médios de 1,07 kg de MS/dia de proteína bruta (PB), 5,53 kg de MS/dia de nutrientes digestíveis totais (NDT) e 19,82 Mcal/dia de energia metabolizável (EM). Porém, houve diferença numérica no consumo destas frações entre as classes de eficiência devido ao maior consumo de alimento observado nas classes intermediária e ineficiente. As medidas de biometria testicular, a intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT) e a concentração de testosterona sérica não diferiram entre as classes de eficiência e não apresentaram correlação com o CAR, mas apresentaram correlação moderada-alta com PC e GMD. A avaliação da eficiência alimentar baseada no CAR permite identificar animais que consomem menos alimento sem alterar as características de desempenho, mas não permite identificar animais com características reprodutivas superiores.

Palavras-chave: biometria testicular, bovinos de corte, consumo de matéria seca, eficiência alimentar, intensidade de *pixels* do parênquima testicular, testosterona sérica

CHAPTER III – RESIDUAL FEED INTAKE AND REPRODUCTIVE TRAITS OF GROWING CATTLE

ABSTRACT

Feed efficiency based on residual feed intake (RFI) and the relationship between this feed efficiency trait and reproductive traits were evaluated in beef cattle. There were used 52 growing cattle of Purunã breed with average of 11 months of age and 257 kg of body weight (BW), which were fed *ad libitum* in individual feedlot pens by 112 days. Initial and final BW and average daily gain (ADG) not differed between the efficiency groups, and showed mean values of 254 kg, 372 kg and 1.05 kg/d respectively. Mean values of 7.12, 7.78 and 8.04 kg/d for dry matter (DM) intake and -0.38, -0.02 e 0.51 kg DM/d for RFI were observed in efficient, intermediary and inefficient groups, respectively. Protein and energy intake were similar between the efficiency groups, with mean values of 1.07 kg DM/d of crude protein (CP), 5.53 kg DM/d of total digestible nutrients (TDN) and 19.82 Mcal/d of metabolizable energy (ME). However, numeric difference was observed for intake of these fractions between the efficiency groups due to the higher feed intake in the intermediary and inefficient groups. Biometric testis measures, testicular ultrasonogram pixel intensity (TUPI) and serum testosterone not differed between the efficiency groups. These traits were not correlated with RFI but showed moderate-high correlation with BW and ADG. The feed efficiency evaluation based on RFI allow to identify animals with low feed intake without modify the performance traits, but not allow identify animals with superior reproductive traits.

Keywords: beef cattle, biometric testis measures, dry matter intake, feed efficiency, testicular ultrasonogram pixel intensity, serum testosterone

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado no cenário mundial como um dos maiores produtores e exportadores de carne do mundo. Comparando os meses de janeiro a dezembro as exportações cresceram 19% em 2013 em comparação ao ano de 2012 (ABIEC, 2014). O aumento nas exportações pode relacionada com a elevação de 8,56% no total de animais abatidos em 2013 em relação ao ano de 2012 (ABIEC, 2014). Tal crescimento pode ser resultante de melhorias no sistema de produção como, por exemplo, o confinamento. Neste sistema de produção obtém-se maiores ganhos de peso, por animal. Por outro lado, deve-se ficar atento ao custo de produção que normalmente são elevados nestas condições. Segundo LOPES et al (2008) os gastos com alimentação podem chegar até 35% do custo operacional efetivo. Desta forma faz sentido utilizar animais que apresentem uma boa eficiência alimentar objetivando-se reduzir os custos de produção.

O consumo alimentar residual (CAR) é uma medida de eficiência alimentar 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) dos animais (Koch et al., 1963). Avaliações de eficiência alimentar com base no CAR favorecem a identificação de animais com menor exigência de mantença no rebanho (Chaves, 2013; Fernandes et al., 2014). Animais eficientes para CAR consomem menos alimento e mantém o mesmo GMD observado no rebanho no qual foram selecionados, o que contribui para a redução dos custos e aumento da eficiência de produção de carne bovina.

Além das características de desempenho e eficiência alimentar, na seleção de bovinos de corte busca-se identificar e selecionar animais com características reprodutivas que favoreçam o alto desempenho reprodutivo dos mesmos em rebanhos de cria. Porém, a relação entre as medidas de eficiência alimentar com características reprodutivas, objetivando-se selecionar reprodutores superiores para características produtivas e reprodutivas, ainda é pouco estudada.

Nesse sentido, as avaliações de biometria testicular são indicadas para a seleção reprodutiva, pois apresentam correlação positiva com a produção e a qualidade

espermática, e negativa com a idade à puberdade de machos e fêmeas (Knights et al., 1984; Pimentel e Silva, 2010). A intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT), mensurado por meio da ultrassonografia, e a concentração sérica de testosterona também pode ser utilizadas como parâmetros na seleção de bovinos para menor idade a puberdade, ou seja, sexualmente precoces (Evans et al., 1996; Brito et al., 2007). A seleção com base nesta característica é importante, pois quanto antes os touros iniciarem a atividade reprodutiva, mais cedo serão introduzidos nos rebanhos de cria, permitindo retorno financeiro rápido ao produtor.

Objetiva-se com este trabalho avaliar as características de desempenho, eficiência alimentar e reprodutivas de tourinhos Purunã de três classes de eficiência determinadas com base no CAR (eficiente, intermediária e ineficiente), e a relação entre as características produtivas e reprodutivas nesses animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado na Estação Experimental Fazenda Modelo (EEFM) do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), localizada em Ponta Grossa - PR. O período experimental se estendeu de Abril a Agosto de 2012, totalizando 112 dias experimentais.

Foram utilizados 52 tourinhos Purunã todos provenientes da EEFM do IAPAR. O Purunã foi desenvolvido pelo IAPAR, sendo composto por ¼ Charolês, ¼ Caracu, ¼ Aberdeen Angus e ¼ Canchim.

Os animais foram desmamados com 8,0 ± 1,3 meses de idade e 214 ± 34 kg de peso corporal (PC), em média. Após o desmame, os animais permaneceram em pastagem de hemártria (*Hemarthria altissima* cv. Florida) com suplementação concentrada, ofertada ao nível de 0,6% PC em matéria seca (MS)/animal/dia.

O período de adaptação iniciou 60 dias após o desmame, quando os animais apresentavam 10,1 ± 1,2 meses de idade e 247 ± 37 kg de PC, em média. No início

deste período os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais e confinamento total e coberto, permanecendo em adaptação às instalações e à dieta experimental por 14 dias.

A dieta experimental foi composta por 420 g/kg de concentrado e 580 g/kg de silagem de milho na matéria seca (MS). O concentrado foi composto por 150 g/kg de farelo de soja, 180 g/kg de soja grão, 650 g/kg de milho grão moído e 20 g/kg de núcleo mineral (Fosbovi 30®) na matéria natural (MN). A composição nutricional do concentrado, da silagem de milho e da dieta total foi analisada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina (UFPR – Palotina) e é apresentada na TABELA 4.

TABELA 4 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (g/kg DE MATÉRIA NATURAL – MN) E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL (g/kg DE MATÉRIA SECA – MS) DO CONCENTRADO, DA SILAGEM DE MILHO E DA DIETA TOTAL OFERTADA AOS TOURINHOS

Composição[1]	Concentrado	Silagem de Milho	Dieta Total
MS (g/kg de MN)	888,9	281,6	398,7
PB (g/kg de MS)	203,5	83,4	135,0
EE (g/kg de MS)	73,9	33,0	50,6
FDN (g/kg de MS)	94,6	534,6	345,4
FDA (g/kg de MS)	35,1	297,1	184,4
LIG (g/kg de MS)	2,5	38,6	23,1
RM (g/kg de MS)	44,4	41,7	42,9
Ca (g/kg de MS)	4,3	3,2	3,7
P (g/kg de MS)	5,8	2,1	3,7
NDT (g/kg de MS)	912,8	655,7	766,3
EM (Mcal/kg de MS)	3,37	2,35	2,79

[1]PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LIG = lignina; RM = resíduo mineral; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável

Os animais receberam a dieta na forma de ração total misturada (RTM). A dieta total foi dividida em duas ofertas diárias, fornecida as 10 e 15h. O ajuste da oferta de alimento foi realizado diariamente para cada animal, mantendo-se as sobras entre 10-15% da quantidade de alimento ofertada.

O período experimental teve início com as avaliações de consumo alimentar e desempenho individual dos tourinhos, que totalizou 112 dias experimentais. Ao início do experimento os animais apresentavam 10,6 ± 1,2 meses de idade e 257,4 ± 40,1 kg de PC, e ao término apresentavam 14,2 ± 1,2 meses de idade e 376,2 ± 57,3 kg de PC, em média.

2.2. AVALIAÇÃO DE CONSUMO, DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR

O consumo de matéria seca (CMS_{OBS}) foi calculado pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e a quantidade de sobras. As sobras foram colhidas, pesadas e amostradas. A amostragem foi realizada diariamente nas semanas 3, 6, 7, 10, 11, 14 e 15 do período experimental, sendo realizada de forma que representasse cerca de 10% do peso total das sobras diárias. As amostras permaneceram congeladas durante o período de amostragem, e ao final de cada semana obteve-se uma amostra composta das sobras de cada animal. Estas amostras foram descongeladas, homogeneizadas e uma subamostra com cerca de 350 g foi retirada e seca em estufa de ventilação forçada a 65ºC até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas e o teor de MS foi calculado. O teor médio de MS das sobras foi utilizado para corrigir o CMS de cada animal no período experimental.

A partir das amostras secas que foram utilizadas para determinar o teor de MS das sobras, formou-se uma amostra composta das sobras de cada animal. Estas amostras foram submetidas a análises bromatológicas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR, Setor Palotina (UFPR – Palotina), 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) conforme SILVA e QUEIROZ (2002); os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com VAN SOEST et al. (1991). O teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi calculado pela fórmula CNF = 100 - (PB + EE + FDN). Procedeu-se as seguintes correções: os teores de FDN, FDA e CNF foram corrigidos para proteína a partir dos teores de NIDN e NIDA, obtendo-se as frações FDN_P, FDA_P e CNF_P; os teores de PB, EE, FDN_P e CNF_P foram

corrigidos para digestibilidade aparente destas frações em bovinos de corte em crescimento/terminação, utilizando-se as equações propostas por DETMANN et al. (2006a,b,c; e 2007). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia metabolizável (EM) foram calculados de acordo com WEISS et al. (1992).

A quantidade de PB, NDT e EM, em base de MS, presente na dieta ofertada e nas sobras foi calculada a partir dos valores médios da quantidade diária de alimento ofertado e de sobras de cada animal no período experimental. O consumo diário de PB, NDT e EM pelos animais foi calculado por diferença entre a quantidade destes componentes na dieta e nas sobras.

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 0,97, indicando que os tourinhos apresentaram padrão de crescimento normal no período experimental.

A partir do CMS_{OBS}, GMD e do PC médio individual dos animais foram calculados: consumo de MS em relação ao PC (CMS_{PC}, % PC/dia) – obtido pela razão entre CMS_{OBS} (kg/dia) e o PC médio (kg); e CMS estimado (CMS_{EST}, kg/dia) – calculado pela equação obtida a partir da regressão do CMS_{OBS} (kg/dia) em função do GMD (kg/dia) e do peso médio metabólico (PMM = PC médio ^{0,75}), conforme proposto por KOCH et al. (1963). A equação de predição de consumo de MS foi gerada no programa Microsoft Excel® 2007. O CMS_{EST} foi calculado para cada animal pela equação CMS_{EST} = -1,0841 + 0,0940*PMM + 1,6243*GMD (R^2 = 0,89).

As medidas de consumo alimentar e de desempenho foram utilizadas no cálculo das seguintes medidas de eficiência alimentar: conversão alimentar (CA, kg de MS/kg de ganho) – é a razão entre CMS_{OBS} (kg/dia) e GMD (kg/dia); eficiência alimentar bruta (EAB, g de ganho/kg de MS) – é o inverso da CA, calculada pela razão entre GMD (kg/dia) e CMS_{OBS} (kg/dia); e o consumo alimentar residual (CAR, kg de MS/dia) –

dado pela diferença entre CMS_{OBS} (kg/dia) e CMS_{EST} (kg/dia), conforme proposto por KOCH et al. (1963).

2.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

A avaliação de biometria testicular foi realizada por meio das mensurações de perímetro escrotal (PE, cm), comprimento testicular (CT, cm), largura testicular (LT, cm), volume testicular (VT, cm^3) e forma testicular (FT). Essas medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador durante o período experimental.

O PE foi aferido com fita milimetrada específica para esta avaliação. A aferição foi realizada na posição de maior envergadura da bolsa escrotal. A LT e o CT foram aferidos com paquímetro milimetrado, sendo medidos isoladamente em cada testículo, direito e esquerdo. A LT foi mensurada a partir do local de maior envergadura testicular no sentido latero-medial, enquanto o CT foi mensurado no sentido dorso-ventral, excluindo-se a cabeça e calda do epidídimo.

O VT foi calculado pela fórmula geométrica do cilindro, conforme descrito por FIELDS et al. (1979), onde $VT = 2.((LT/2)^2.\pi.CT)$. A forma testicular (FT) foi calculada pela razão LT/CT, conforme proposto por BAILEY et al. (1996) que dividiram em cinco classes (TABELA 5).

TABELA 5 - FORMAS TESTICULARES DE ACORDO COM A CLASSE

Classe	Razão	Formato
1	≤ 0,5	Longo
2	0,51 a 0,625	Longo-moderado
3	0,626 a 0,750	Longo-oval
4	0,751 a 0,875	Oval-esférico
5	> 0,875	Esférico

FONTE: adaptado de Bailey et al. (1996)

As dosagens de testosterona sérica foram realizadas em amostras de sangue coletadas nos dias experimentais 0, 56 e 112. As amostras foram coletadas por venipunção jugular em tubos à vácuo (9 mL) sem anticoagulante. O horário de coleta das amostras de sangue de cada animal foi registrado. Após a coagulação completa, as

amostras foram centrifugadas a 4000 rotações por minuto (RPM) por 10 minutos para obtenção do soro. Este foi armazenado em duplicata em ependorfes (1,5 mL) e permaneceu congelado a -20°C até o momento das análises, que foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Animal da UFPR. A dosagem de testosterona foi realizada pelo método de enzima-imuno-ensaio (ELISA - Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay; Brown et al., 2004).

As avaliações de ultrassonografia testicular também foram realizadas nos dias experimentais 0, 56 e 112, utilizando-se o aparelho 3300 VET Mindray® acoplado a um transdutor linear de 8 MHz. Aplicando-se gel acústico no transdutor, foram realizadas as imagens dos testículos direito e esquerdo nos planos transversal e frontal. Obteve-se quatro imagens ultrassonográficas do parênquima testicular por animal por avaliação: (1) plano frontal do testículo direito, (2) plano transversal do testículo direito, (3) plano frontal do testículo esquerdo e (4) plano transversal do testículo esquerdo.

Após as avaliações ultrassonográficas, as imagens foram transferidas para o computador e analisadas no programa ImageJ®. Foram selecionadas quatro regiões do parênquima testicular de cada imagem ultrassonográfica para avaliar a escala de cinza (intensidade de *pixels* das imagens), que varia de zero (imagem toda preta) a 255 (imagem toda branca). As quatro regiões foram delimitadas por quadrados de mesma área (1 cm^2).

O valor médio calculado a partir das escalas de cinza mensuradas nas quatro regiões do parênquima testicular correspondeu a intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT) de cada imagem analisada. Posteriormente, foi calculada a IPT média a partir de todas as imagens obtidas de cada animal em cada avaliação, totalizando três mensurações de IPT por animal no período experimental. O valor médio de IPT de cada animal durante o experimento foi calculado.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os animais foram divididos em três classes de eficiência cujos limites são ±50% do desvio padrão (DP) registrado para o CAR. Dessa forma, os animais foram

classificados como eficientes (CAR < -0,50*DP_{CAR}), intermediários (-0,50*DP_{CAR} < CAR < +0,50*DP_{CAR}) e ineficientes (CAR > +0,50*DP_{CAR}).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo Modelo Linear Geral (PRO GLM) em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que corresponderam as três classes de eficiência baseadas no CAR. As médias que diferiram (P<0,05) entre as classes foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

Análises de correlação simples de Pearson (PROC CORR) foram realizadas entre as características produtivas (desempenho, consumo e eficiência alimentar) e reprodutivas (biometria testicular, testosterona sérica e IPT).

As análises estatísticas foram processadas no programa *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS, 2002), e foi considerado o nível de significância de 5% para todas as análises realizadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de animais avaliados em cada classe de eficiência foram 18, 20 e 14 nas classes eficiente, intermediária e ineficiente, respectivamente (TABELA 6). Nessa condição, a frequência relativa de animais em cada classe foi 34,6%; 38,5% e 26,9%, respectivamente.

O CMS_{EST} e o CMS_{OBS} não diferiram (P>0,05) entre as classes de eficiência (TABELA 6), apresentando média de 7,62 e 7,65 kg/dia, respectivamente. O resultado obtido para CMS_{OBS} não era esperado, pois esta é uma das características que difere significativamente em avaliações de eficiência alimentar baseadas no CAR, com valores menores na classe eficiente e maiores na classe ineficiente (Basarab et al., 2003; Lancaster et al., 2009; Santana et al., 2012).

No entanto, houve diferença numérica (P = 0,0762) no CMS_{OBS} entre as classes de eficiência, onde os animais da classe eficiente consumiram 0,66 e 0,92 kg de MS/dia a menos que os animais das classes intermediária e ineficiente, respectivamente. Esta informação é sustentada pelos valores observados para CMS_{PC}, que apresentaram diferença significativa (P<0,05) entre as três classes de eficiência (TABELA 6). LUCILA

SOBRINHO et al. (2011), avaliando bovinos da raça Nelore de três classes de eficiência baseadas no CAR, não encontraram diferença significativa e numérica para $CMS_{OBS,}$ mas observaram diferença significativa no CMS_{PC} entre as classes eficiente e ineficiente.

TABELA 6 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

Característica[1]	Classes de Eficiência			EPM	P
	Eficiente (CAR baixo)	Intermediária (CAR médio)	Ineficiente (CAR alto)		
Número de animais (n)	18	20	14	-	-
PC inicial (kg)	252,0	257,7	253,7	10,3	0,9171
PC final (kg)	366,7	381,7	368,7	15,0	0,7219
PMM (kg)	73,6	75,4	73,9	2,2	0,8098
GMD (kg/dia)	1,02	1,11	1,03	0,06	0,5340
CMS_{EST} (kg/dia)	7,50	7,80	7,53	0,29	0,6842
CMS_{OBS} (kg/dia)	7,12	7,78	8,04	0,29	0,0762
CMS_{PC} (% PC/dia)	2,31 c	2,44 b	2,59 a	0,03	0,0000
CAR (kg MS/dia)	-0,38 c	-0,02 b	0,51 a	0,04	0,0000
CA (kg MS/kg ganho)	7,07 b	7,28 ab	8,14 a	0,29	0,0482
EAB (g ganho/kg MS)	143,3 a	141,8 ab	125,7 b	4,7	0,0392

[1]PC = peso corporal; PMM = peso médio metabólico; GMD = ganho médio diário; CMS_{EST} = consumo de matéria seca (MS) estimado com base no GMD e PMM; CMS_{OBS} = consumo de MS observado; CMS_{PC} = consumo de MS em relação ao PC; CA = conversão alimentar; EAB = eficiência alimentar bruta

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

A equação de regressão obtida pela relação entre CMS_{EST} e CMS_{OBS} apresentou $R^2 = 0,90$ (FIGURA 9). Esta equação indicou que as variáveis inclusas no modelo de predição de consumo de MS explicam 90% da variação observada entre CMS_{OBS} e CMS_{EST} para os animais avaliados. O PMM explicou 83% e o GMD explicou 7% desta variação, enquanto os 10% restantes são explicados por outros fatores não avaliados neste estudo.

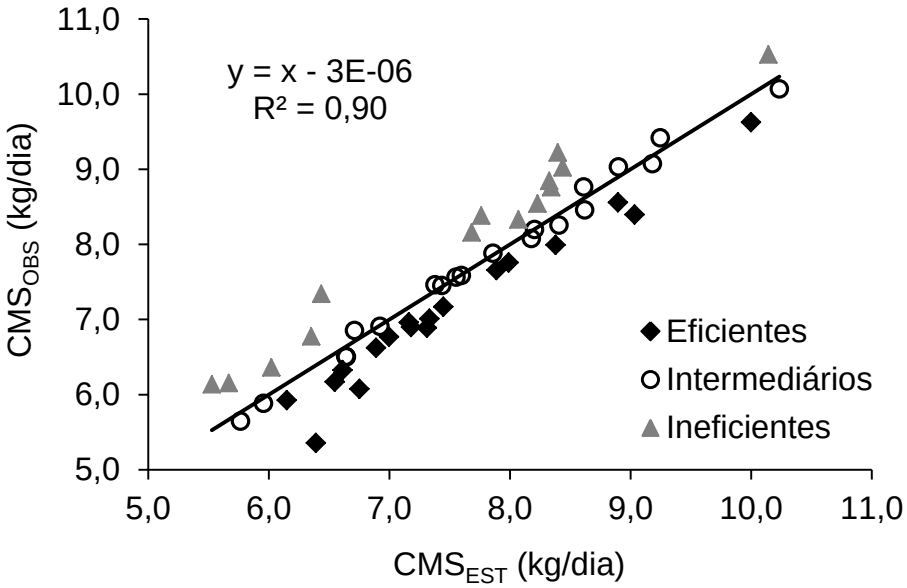


FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE MATÉRIA SECA OBSERVADO (CMS_{OBS}) E ESTIMADO (CMS_{EST}) PARA TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

A variação entre CMS_{OBS} e o CMS_{EST} de cada animal, corresponde à distância vertical de cada ponto de CMS_{OBS} até a linha de regressão (FIGURA 9), que por definição é o CAR (Fernandes et al., 2014). A média e o desvio padrão (DP) do CAR registrado neste estudo foi 0,00 ± 0,39 kg de MS/dia. Esta variação foi próxima à encontrada por LUCILA SOBRINHO et al. (2011) com tourinhos Nelore e por STIEVEN (2012) com tourinhos Purunã, que relataram valores de DP de 0,31 e 0,37, respectivamente.

Porém LANCASTER et al. (2009) realizaram quatro experimentos com touros Angus (uma das raças que compõe o Purunã) e observaram valores de DP superiores ao deste estudo, que variaram de 0,60 a 1,06 kg de MS/dia. A baixa variação do CAR encontrada neste estudo pode estar relacionada com a baixa variação genética dos animais, uma vez que todos bovinos eram provenientes da mesma propriedade, sendo ela o local onde a raça foi desenvolvida.

O CAR apresentou valor mínimo de -1,04 kg de MS/dia e máximo de 0,91 kg de MS/dia, o que representa uma diferença de 1,95 kg de MS/dia entre o animal mais e

menos eficiente. LUCILA SOBRINHO et al. (2011) encontraram diferença de 1,62 kg de MS/dia entre os tourinhos Nelore mais e menos eficiente, e STIEVEN (2012) encontrou diferença de 1,99 kg de MS/dia entre os tourinhos Purunã mais e menos eficientes, que eram provenientes da mesma propriedade em que foi realizado o presente estudo. Estas variações de CAR estão relacionadas com as diferenças no consumo de alimento, que sofre influência de diversos processos fisiológicos do organismo animal, como: a capacidade de digestão do alimento, a absorção dos nutrientes, o incremento calórico relacionado à alimentação, a composição corporal, os processos metabólicos teciduais e a intensidade de atividade física (Herd e Arthur, 2009).

Não houve diferença (P>0,05) entre as três classes de eficiência para as características PC inicial e final, PMM e GMD (TABELA 6). Este resultado já era esperado, uma vez que a classificação de animais com base no CAR não altera o PC, PMM e GMD (Basarab et al., 2003; Herd e Arthur, 2009), o que é confirmado pela nulidade da correlação (P>0,05) do CAR com as medidas supracitadas (TABELA 8). Este resultado ocorreu devido ao PMM e GMD serem utilizados como variáveis independentes para estimar o consumo de MS (CMS_{EST}) e, por consequência, o CAR, enquanto o PC inicial e final são utilizados no cálculo do PMM.

O valor médio de CAR nas classes de eficiência foi -0,38 kg de MS/dia na eficiente, -0,02 kg de MS/dia na intermediária e 0,51 kg de MS/dia na ineficiente, apresentando diferença significativa (P<0,05) entre as três classes (TABELA 6). A diferença entre o valor médio de CAR das classes eficiente e ineficiente demonstra que os animais da classe eficiente consumiram, em média, 0,89 kg de MS/dia a menos que os da classe ineficiente.

Considerando os teores médios de MS de 281,6 kg de MN da silagem de milho e de 888,9 g/kg de MN do concentrado (TABELA 4), e a relação volumoso:concentrado da dieta que foi de 58:42, a diferença no consumo entre os tourinhos eficientes e ineficientes correspondeu, em base de MN, a 1,83 kg/dia de silagem de milho e 0,42 kg/dia de concentrado, totalizando 2,25 kg/dia da dieta total. Desta forma, durante os 112 dias experimentais os animais eficientes consumiram 252,5 kg de alimento a menos que os animais ineficientes.

O custo estimado da dieta total ofertada aos animais foi de R$ 0,27/kg e, dessa forma, o custo da alimentação dos animais eficientes foi R$ 68,16/animal inferior ao dos animais ineficientes durante o período experimental. Estes resultados comprovam a importância da seleção de animais com CAR negativo na redução dos custos com a alimentação do rebanho.

A CA e a EAB diferiram (P<0,05) apenas entre as classes eficiente e ineficiente (TABELA 6). Os valores médios de CA e EAB foram 7,07 kg de MS/kg de ganho e 143,3 g ganho/kg de MS na classe eficiente, e 8,14 kg de MS/kg de ganho e 125,7 g ganho/kg de MS na classe ineficiente. Assim, a identificação e seleção de animais eficientes para CAR leva a melhoria de outras medidas de eficiência alimentar, como a CA e a EAB. Isso é confirmado pelas correlações moderadas entre CAR e CA (r = -0,34) e EAB (r = 0,34) registradas no presente estudo (TABELA 8).

Em trabalhos realizados com bovinos da raça Nelore, LUCILA SOBRINHO et al. (2011) e STIEVEN (2012) encontraram resposta semelhante para CA e EAB, porém SANTANA et al. (2012) não encontraram diferença para CA e EAB entre três classes de eficiência determinadas com base no CAR. LANCASTER et al. (2009) observaram diferença significativa para CA entre touros da raça Angus de diferentes classes de eficiência baseadas no CAR.

Não houve diferença significativa (P>0,05) para PB_{Dieta} entre as três classes de eficiência (TABELA 7). Porém, houve diferença numérica (P = 0,0578), pois os animais da classe eficiente necessitaram de 101 e 145 g de MS/dia de proteína a menos que os animais das classes intermediária e ineficiente, respectivamente. A correlação moderada e positiva (P<0,05) entre CAR e PB_{Dieta} (r = 0,34) reforça esta diferença numérica (TABELA 8). Isso ocorreu devido a menor quantidade de alimento ofertado na classe eficiente em relação às demais classes.

A PB_{Cons} foi semelhante (P>0,05) entre as três classes de CAR (TABELA 7). Entretanto, conforme observado para PB_{Dieta}, houve diferença numérica (P = 0,0718) para PB_{Cons} entre as classes de eficiência, onde os animais da classe eficiente consumiram 95 e 130 g de MS/dia de proteína a menos que os animais das classes intermediária e ineficiente, respectivamente. A correlação moderada e positiva (P<0,05) entre CAR e PB_{Cons} (r = 0,32) suporta esta diferença numérica (TABELA 8).

Segundo CASTRO BULLE et al. (2007) animais com rápido crescimento apresentam maior deposição de proteína, o que está associado ao aumento da síntese de proteína, pelo decréscimo da degradação de proteína pelo organismo ou, ainda, por ambos. O aumento da síntese e da deposição de proteína pode estar relacionado com o aumento do consumo de proteína dietética, a fim de suprir a demanda do organismo para realização destes processos metabólicos.

RICHARDSON e HERD (2004) avaliando as concentrações de proteína plasmática total (PPT), ureia e aspartato aminotransferase (AST) em bovinos eficientes e ineficientes para CAR, concluíram que os animais ineficientes (alto CAR) apresentam maior taxa de *turnover* proteico, e este, segundo o NRC (1996) aumenta as exigências energéticas dos animais. Assim, é provável que os animais que realizam maior *turnover* proteico também necessitem de maior ingestão de proteína para suprir a elevada demanda proteica do organismo.

TABELA 7 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DE CONSUMO DE PROTEÍNA E ENERGIA DE TOURINHOS PURUNÃ DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

Característica[1]	Classes de Eficiência			EPM	P
	Eficiente (CAR baixo)	Intermediária (CAR médio)	Ineficiente (CAR alto)		
Número de animais (n)	18	20	14	-	-
PB_{Dieta} (kg MS/dia)	1,088	1,189	1,233	0,043	0,0578
PB_{Cons} (kg MS/dia)	1,001	1,096	1,131	0,040	0,0718
NDT_{Dieta} (kg MS/dia)	5,719	6,252	6,481	0,224	0,0578
NDT_{Cons} (kg MS/dia)	5,164	5,654	5,820	0,208	0,0779
EM_{Dieta} (Mcal/dia)	20,47	22,38	23,20	0,80	0,0578
EM_{Cons} (Mcal/dia)	18,51	20,26	20,86	0,75	0,0776

[1] PB_{Dieta} = proteína bruta ofertada na dieta total; PB_{Cons} = proteína bruta consumida; NDT_{Dieta} = nutrientes digestíveis totais ofertados na dieta total; NDT_{Cons} = nutrientes digestíveis totais consumidos; EM_{Dieta} = energia metabolizável ofertada na dieta total; EM_{Cons} = energia metabolizável consumida

O NDT_{Dieta} e o NDT_{Cons} não apresentaram diferença significativa (P>0,05) entre as classes de eficiência (TABELA 7), porém foi observada diferença numérica (P = 0,0578 e P = 0,0779, respectivamente). Os animais da classe eficiente necessitaram de

0,53 e 0,76 kg de MS/dia de NDT, e consumiram 0,49 e 0,66 kg de MS/dia de NDT a menos que os animais das classes intermediária e ineficiente, respectivamente. O CAR apresentou correlação moderada e positiva (P<0,05) com NDT_{Dieta} (r = 0,33) e NDT_{Cons} (r = 0,31; TABELA 8).

TABELA 8 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, EFICIÊNCIA E CONSUMO DE ALIMENTO, PROTEÍNA E ENERGIA DE TOURINHOS PURUNÃ EM, E SUAS CORRELAÇÕES COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

Característica[1]	Média	DP	Mínimo	Máximo	r_{CAR}	P
PC inicial (kg)	254,6	42,6	181,6	353,6	0,00	0,9935
PC final (kg)	373,0	60,6	267,5	516,6	0,00	0,9959
PMM (kg)	74,4	9,0	59,4	95,3	0,00	0,9966
GMD (kg/dia)	1,06	0,25	0,60	1,64	0,00	0,9998
CMS_{OBS} (kg/dia)	7,62	1,21	5,36	10,53	0,32	0,0209
CMS_{PC} (% PC/dia)	2,44	0,17	1,95	2,75	0,76	0,0000
CAR (kg MS/dia)	0,00	0,39	-1,04	0,91	1,00	0,0000
CA (kg MS/kg ganho)	7,44	1,29	5,53	11,01	0,34	0,0140
EAB (g ganho/kg MS)	138,0	21,2	90,8	180,9	-0,34	0,0141
PB_{Dieta} (kg MS/dia)	1,166	0,175	0,823	1,582	0,34	0,0152
PB_{Cons} (kg MS/dia)	1,073	0,165	0,765	1,479	0,32	0,0204
NDT_{Dieta} (kg MS/dia)	6,129	0,920	4,328	8,317	0,33	0,0152
NDT_{Cons} (kg MS/dia)	5,529	0,855	3,883	7,607	0,31	0,0231
EM_{Dieta} (Mcal/dia)	21,94	3,41	15,50	29,80	0,33	0,0158
EM_{Cons} (Mcal/dia)	19,82	3,15	13,90	27,30	0,31	0,0232

[1]PC = peso corporal; PMM = peso médio metabólico; GMD = ganho médio diário; CMS_{OBS} = consumo de matéria seca (MS) observado; CMS_{PC} = consumo de MS em relação ao PC; CA = conversão alimentar; EAB = eficiência alimentar bruta; PB_{Dieta} = proteína bruta ofertada na dieta total; PB_{Cons} = proteína bruta consumida; NDT_{Dieta} = nutrientes digestíveis totais ofertados na dieta total; NDT_{Cons} = nutrientes digestíveis totais consumidos; EM_{Dieta} = energia metabolizável ofertada na dieta total; EM_{Cons} = energia metabolizável consumida

Resultados semelhantes ao NDT foram observados para EM_{Dieta} e EM_{Cons}, que não diferiram (P<0,05) entre as classes de eficiência mas apresentaram diferença numérica (P = 0,0578 e P = 0,0776, respectivamente) entres as mesmas (TABELA 7). Os animais da classe eficiente necessitaram de 1,91 e 2,73 Mcal/dia de EM, e consumiram 1,75 e 2,35 Mcal/dia de EM a menos que os animais das classes

intermediária e ineficiente, respectivamente. Houve correlação moderada e positiva (P<0,05) entre CAR e EM_{Dieta} (r = 0,33) e EM_{Cons} (r = 0,31; TABELA 8).

A quantidade de energia na dieta ofertada e na dieta consumida, seja na forma de NDT ou de EM, aumentou da classe eficiente para ineficiente e apresentou comportamento semelhante a PB (TABELA 7). Isso ocorreu devido ao aumento da quantidade de alimento fornecido e, também, consumido pelos animais a medida que a eficiência alimentar diminui (baixo para alto CAR).

HERD e BISHOP (2000) relataram que há diferença na exigência de energia para mantença entre animais eficientes e ineficientes para CAR. Quanto maior é a exigência de energia para mantença, maior é o consumo de alimento e menor é a eficiência de utilização da energia consumida para atender essa exigência, o que ocorre em animais ineficientes para CAR (Chaves, 2013; Fernandes et al., 2014). A maior exigência de energia para mantença de animais ineficientes pode estar relacionada a processos metabólicos que ocorrem a nível mitocondrial, uma vez que aproximadamente 90% da energia necessária para manutenção celular é provida pelas mitocôndrias (Bottje e Carstens, 2009).

Apesar de não ter observado diferença na função mitocondrial de bovinos eficientes e ineficientes para CAR, KOLATH et al. (2006) relataram que animais eficientes apresentaram maior taxa de respiração e maior eficiência no fluxo de elétrons na cadeia de transporte que os ineficientes. Estas informações demonstram que a eficiência de produção de energia a nível celular em animais ineficientes é menor, o que justifica a maior exigência de energia de mantença destes animais. As diferenças no gasto de energia e na função mitocondrial entre animais eficientes e ineficientes para CAR está associada à vários fatores, tais como a bomba de íons sódio e potássio, os hormônios da tireoide, a leptina, IGF-1, as enzimas do metabolismo de lipídios ou, ainda, na atividade simpática do organismo (Johnson et al., 2003).

Estima-se que o CAR em bovinos seja influenciado em 37% pelo *turnover* proteico, metabolismo tecidual e estresse (Richardson e Herd, 2004). O consumo de alimento e a eficiência de utilização da proteína e da energia consumida estão relacionados aos processos de *turnover* proteico e de metabolismo tecidual. Isso justifica, também, as diferenças numéricas encontradas para a quantidade de proteína

(PB) e energia (NDT e EM) da dieta ofertada e da dieta consumida pelos animais nas três classes de eficiência. Animais eficientes consomem menos alimento e, por consequência, menos proteína e energia para manter o mesmo nível de produção (PC e GMD) dos animas das classes intermediária e ineficiente, o que mostra o impacto positivo da identificação de animais eficientes com base no CAR.

TABELA 9 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO MÉDIO (EPM) DAS CARACTERÍSTICAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E DE CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA DE TOURINHOS PURUN DE TRÊS CLASSES DE EFICIÊNCIA DETERMINADAS COM BASE NO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

Característica[1]	Classes de Eficiência			EPM	P
	Eficiente (CAR baixo)	Intermediária (CAR médio)	Ineficiente (CAR alto)		
Número de animais (n)	18	20	14	-	-
CT inicial (cm)	8,67	8,77	8,39	0,37	0,7985
CT final (cm)	12,42	12,39	12,20	0,27	0,8499
LT inicial (cm)	4,32	4,56	4,37	0,15	0,5376
LT final (cm)	5,84	5,97	5,89	0,14	0,8072
VT inicial (cm^3)	299,1	303,0	255,9	32,7	0,6074
VT final (cm^3)	697,4	706,6	659,7	43,5	0,7630
VT ganho (cm^3)	398,3	403,6	403,8	25,4	0,9869
PE inicial (cm)	26,4	26,6	26,0	0,9	0,9011
PE final (cm)	33,3	33,1	33,0	0,8	0,9736
PE ganho (cm)	6,8	6,5	7,0	0,6	0,8328
IPT (*pixels*/cm^2)	108,5	110,0	108,4	1,9	0,8249
Testosterona (ng/mL)	3,41	3,58	3,36	0,39	0,9181
Forma Testicular	0,47	0,48	0,49	0,01	0,6740

[1]CT = comprimento testicular; LT = largura testicular; VT = volume testicular; PE = perímetro escrotal; IPT = Intensidade de *pixels* do parênquima testicular; Testosterona = concentração sérica de testosterona

As medidas testiculares CT, LT, VT inicial, VT final, VT ganho, PE inicial, PE final e PE ganho não diferiram (P>0,05) entre as classes de eficiência (TABELA 9). Essas medidas testiculares são afetadas pelo nível de ingestão de proteína e de energia. Bovinos que consomem dietas com maior teor de proteína apresentam menor PE e melhor qualidade espermática (Rekwot et al., 1987), enquanto bovinos que

consomem dietas com maior teor de energia apresentam maior VT e PE (Brito et al., 2007; Barth et al., 2008). Tourinhos Purunã das classes intermediária e ineficiente apresentaram maior consumo de proteína e energia os eficientes. No entanto, o aumento no consumo de energia e proteína não foi suficiente para influenciar as medidas testiculares. Neste caso, a maior quantidade de energia consumida pode ter sido direcionada para suprir as necessidades de mantença dos animais (Herd e Bishop, 2000; Chaves, 2013; Fernandes et al., 2014), levando a inalteração de medidas de crescimento, como as de desenvolvimento testicular.

TABELA 10 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS CARACTERÍSTICAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E DA CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA DE TOURINHOS PURUNÃ EM CRESCIMENTO, E SUAS CORRELAÇÕES COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

Característica[1]	Média	DP	Mínimo	Máximo	r_{CAR}	P
CT inicial (cm)	8,63	1,59	5,90	12,90	-0,02	0,8811
CT final (cm)	12,35	1,14	10,00	14,60	-0,02	0,8871
LT inicial (cm)	4,43	0,67	3,40	5,80	0,10	0,4894
LT final (cm)	5,91	0,59	4,90	7,10	0,04	0,8044
VT inicial (cm^3)	289,0	143,2	98,5	734,0	-0,08	0,5904
VT final (cm^3)	690,8	185,7	390,4	1247,0	-0,07	0,6029
VT ganho (cm^3)	401,8	111,7	158,3	680,1	-0,02	0,8611
PE inicial (cm)	26,4	3,7	19,1	35,1	-0,04	0,7590
PE final (cm)	33,1	3,1	27,2	40,6	-0,06	0,6793
PE ganho (cm)	6,7	2,5	2,0	12,0	-0,01	0,9556
IPT (*pixels*/cm^2)	109,1	8,4	89,4	128,5	-0,05	0,7084
Testosterona (ng/mL)	3,46	1,62	0,87	7,74	-0,05	0,6992
Forma Testicular	0,48	0,04	0,40	0,59	0,04	0,7591

[1]CT = comprimento testicular; LT = largura testicular; VT = volume testicular; PE = perímetro escrotal; IPT = Intensidade de *pixels* do parênquima testicular; Testosterona = concentração sérica de testosterona

As medidas de biometria testicular não apresentaram correlação (P<0,05) com o CAR (TABELA 10), mas, em geral, apresentaram correlação moderada-alta (P<0,05) com PC e GMD (TABELA 11). De fato, trabalhos realizados com bovinos mostram que as medidas testiculares, principalmente o PE, têm correlação com PC e GMD (Bergman

et al., 1996; Assumpção et al., 2013), especialmente no período de transição entre a puberdade e a maturidade sexual (Miranda Neto et al., 2011).

Os tourinhos Purunã estavam em idade de puberdade no período experimental, e verificou-se que, nesta faixa de idade, os animais tiveram desenvolvimento sexual intimamente ligado com desenvolvimento corporal. Provavelmente, a ausência de correlação entre CAR e as medidas de biometria testicular está relacionada com a homogeneidade do PC e do GMD observada entre as classes de eficiência.

TABELA 11 - CORRELAÇÕES ENTRE MEDIDAS DE BIOMETRIA E ULTRASSONOGRAFIA TESTICULAR, E CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE TESTOSTERONA COM PESO CORPORAL (PC) INICIAL, FINAL E GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD) DE TOURINHOS PURUNÃ

Característica[1]	PC inicial		PC final		GMD	
	r	P	r	P	r	P
CT inicial (cm)	0,66	0,000	0,59	0,000	0,28	0,042
CT final (cm)	0,45	0,001	0,48	0,000	0,35	0,011
LT inicial (cm)	0,71	0,000	0,71	0,000	0,44	0,001
LT final (cm)	0,61	0,000	0,71	0,000	0,61	0,000
VT inicial (cm^3)	0,68	0,000	0,67	0,000	0,42	0,002
VT final (cm^3)	0,60	0,000	0,70	0,000	0,60	0,000
VT ganho (cm^3)	0,12	0,384	0,31	0,028	0,47	0,000
PE inicial (cm)	0,76	0,000	0,72	0,000	0,40	0,003
PE final (cm)	0,69	0,000	0,77	0,000	0,61	0,000
PE ganho (cm)	-0,29	0,039	-0,13	0,364	0,16	0,263
IPT (*pixels*/cm^2)	0,36	0,009	0,34	0,014	0,19	0,172
Testosterona (ng/mL)	0,31	0,024	0,31	0,026	0,19	0,176
Forma Testicular	0,18	0,194	0,26	0,064	0,28	0,045

[1]CT = comprimento testicular; LT = largura testicular; VT = volume testicular; PE = perímetro escrotal; IPT = Intensidade de *pixels* do parênquima testicular; Testosterona = concentração sérica de testosterona

A IPT e a concentração sérica de testosterona não diferiram (P>0,05) entre as classes de eficiência (TABELA 9), e não apresentaram correlação com o CAR (TABELA 10). No entanto, essas duas a IPT e a concentração sérica de testosterona apresentaram correlação moderada (P<0,05) com o PC (TABELA 11), o que explica a ausência de significância entre as classes de eficiência e de correlação destas medidas

com o CAR, pois a classificação dos animais com base nesta característica de eficiência alimentar não altera o PC e o GMD dos animais.

Estudos realizados com bovinos mostram que a IPT e a concentração sérica de testosterona variam de acordo com a idade a puberdade e, portanto, podem ser utilizadas para selecionar animais sexualmente precoces (Evans et al., 1996; Chandolia et al., 1997; Brito et al., 2007; Brito et al., 2012). A correlação entre concentração sérica de testosterona e PC varia de baixa (r = 0,21; Assumpção et al., 2013) a moderada (r = 0,61; Brito et al., 2007) em bovinos, sendo um importante indicador da puberdade nesses animais. Porém, como a IPT e a concentração sérica de testosterona não apresentaram relação com o CAR, recomenda-se a utilização de outros parâmetros na seleção de animais sexualmente precoces quando se deseja utilizar o CAR como parâmetro de eficiência alimentar.

A forma testicular foi semelhante (P>0,05) entre as classes de eficiência (TABELA 9). Os valores médio, mínimo, máximo e o DP desta medida foram 0,48; 0,40; 0,59 e 0,04, respectivamente. De acordo com a classificação de BAILEY et al. (1996), bovinos da raça Purunã em crescimento apresentam forma testicular longa, podendo variar de longa a longa-moderada.

4. CONCLUSÃO

Touros Purunã classificados como eficientes para CAR durante a fase de crescimento (recria) mantêm o mesmo nível de produção do rebanho no qual foram selecionados, mas consomem menos alimento e apresentam menor demanda por proteína e energia que os ineficientes.

As medidas de biometria e ultrassonografia testicular, e a concentração sérica de testosterona têm correlação com o peso corporal, característica que não é alterada na classificação dos animais com base no CAR. Assim, animais eficientes para CAR não apresentam características reprodutivas superiores aos ineficientes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. Disponível em: http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=31 Acesso em: 20 de jan. 2014.

ASSUMPÇÃO, T.I.; SOUZA, M.A.; ALBERTON, C.; PALLAORO, R.; KITAGAWA, C.; SILVA, N.A.M. Características reprodutivas de machos bovinos da raça Nelore da fase pré-púbere à maturidade sexual. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias,** v.20, n.3, p.148-154, 2013.

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L.; RIDDELL, M.G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology,** v.46, p.681-887, 1996.

BARTH, A.D.; BRITO, L.F.C.; KASTELIC, J.P. The effect of nutrition on sexual development of bulls. **Theriogenology,** v.70, p.485-494, 2008.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLIN, 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.

BERGMANN, J.A.G., ZAMBORLINI, L.C., PROCÓPIO, C.S.O., ANDRADE, V.J., VALE FILHO, V.R. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.1, p. 69 -78, 1996.

BOTTJE, W.G.; CARSTENS, G.E. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. **Journal of Animal Science,** v.87, p.E48–E63, 2009.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R.E.; CREWS JR., D.H.; MIR, P.S.; KASTELIC, J.P. Effect of nutrition during calfhood and peripubertal period on serum metabolic hormones, gonadotropins and testosterone concentrations, and on sexual development in bulls. **Domestic Animal Endocrinology,** v.33, p.1-18, 2007.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; WILDE, R.E.; KASTELIC, J.P. Testicular ultrasonogram pixel intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. **Theriogenology,** v.78, p.69-76, 2012.

BROWN, J.L.; WALKER, S.E.; STEINMAIN, K. Endocrine manual for the reproductive assessment of domestic and non-domestics species. Conservation and Research Center, Smithsonian´s National Zoological Park, Front Royal, Virginia -EUA, p.93, 2004.

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.

CHANDOLIA, R.K.; HONARAMOOZ, A.; OMEKE, B.C.; PIERSON, R.; BEARD, A.P.; RAWLINGS, N.C. Assessment of development of the testes and accessory glands by ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. **Theriogenology,** v.48, p.119-132, 1997.

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 Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2013.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.4, p.1469-1478, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, M.L.; MAGALHÃES, K.A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.4, p.1479-1486, 2006b.

DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A.; HENRIQUES, L.T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.5, p.2101, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, A.L.R.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; CHIZZOTTI, M.L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.36, n.1, p.155-164, 2007.

EVANS, A.C.O.; PIERSON, R.A.; GARCIA, A.; MCDOUGALL, L.M.; HRUDKA, F.; RAWLINGS, N.C. Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. **Theriogenology,** v.46, n.2, p.345-357, 1996.

FERNANDES, S.R.; STIEVEN, I.C.B.; ZANETTI, G.F.; KOWALSKI, L.H.; ROSSI JR.; P.; MOLETTA, J.L.; ALMEIDA, R. Características de desempenho e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.268-276, 2014.

FIELDS, M.J.; BURNS, W.C.; WARNICK, A.C. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls. **Journal of Animal Science,** v.48, p.1299–1304, 1979.

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.; BISHOP, S.C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science,** v.63, p.111-119, 2000.

JOHNSON, D.E.; FERRELL, C.L.; JENKIN, T.G. The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we going? **Journal of Animal Science,** v.81, p.E27-E38, 2003.

KNIGHTS, S.A., BAKER, R.L.; GIANOLA, D.; GIBB, J.B. Correlations among growth and reproductive traits in yearling estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic Angus bulls. **Journal of Animal Science,** v.58, n.4, p.887-893, 1984.

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.

LOPES, M.A.; SANTOS, G.; MAGALHÃES, G.P.; LOPES, N.M. Efeito do ganho de peso na rentabilidade da terminação em confinamento de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência,** v. 14, n.1, p.135-141, 2008.

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

MIRANDA NETO, T.; CASTILHO, E.F.; PINHO, R.O.; GUIMARÃES, S.E.F.; COSTA, E.P.; GUIMARÃES, J.D. Puberdade e maturidade sexual em touros jovens da raça Simental, criados sob regime extensivo em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.40, n.9, p.1917-1924, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 244p.

PIMENTEL, S.M.; SILVA, E.A. Correlação entre perímetro escrotal e características reprodutivas da progênie. **FAZU em revista,** n.7, p.177-185, 2010.

REKWOT, P.I.; OYEDIPE, E.O.; AKEREJOLA, 0.0.; KUMI-DIAKAL, J.; UMOH, J.E. The effect of protein intake on the onset of puberty in Bunaji and Friesian x Bunaji crossbred bulls in Nigeria. **Theriogenology,** v.28, n.4, 1987.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.431-440, 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 Nellore bulls. **Livestock Science,** v.145, p.252-257, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

STIEVEN, I.C.B. **Relações do consumo alimentar residual com perfil hematológico, estresse e comportamento ingestivo em bovinos Pururnã.** 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

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.

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.

WOLF, F.R.; ALMQUIST, J.O.; HALE, E.B. Prepuberal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. **Journal of Animal Science,** v.24, p.761-765, 1965.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação da idade à puberdade de touros tem extrema importância. Os resultados apresentados na presente dissertação mostram que tourinhos da raça Purunã entram em puberdade com 14 meses de idade, em média, sendo considerados animais sexualmente precoces.

Dentre os parâmetros avaliados para identificar a idade à puberdade, os que tiveram melhor resultado foram a concentração de testosterona sérica e a ultrassonografia testicular, com a aferição da intensidade de *pixels* do parênquima testicular (IPT). No entanto, não foi possível estabelecer uma equação de regressão confiável a partir da idade e das outras características reprodutivas avaliadas. Porém se analisar a praticidade de execução destas duas técnicas, a mais indicada seria a IPT, pois tem menor custo e o resultado não depende de análises laboratoriais como é o caso da concentração sérica de testosterona, o que muitas vezes é demorado.

As aferições de perímetro escrotal (PE) e volume testicular (VT) se mostraram intimamente ligadas ao desenvolvimento corporal, sendo que após a puberdade os bovinos continuam o desenvolvimento corporal até alcançar a maturidade corporal. No entanto, se a seleção para precocidade sexual fosse realizada com base na maturidade sexual, é provável que o PE e o VT fossem avaliações indicadas, pois após a maturidade sexual é atingida próximo da maturidade corporal.

A classificação de tourinhos Purunã em classes de eficiência alimentar baseadas no CAR permite a identificação de animais que consomem menor quantidade de alimento sem alterar o peso corporal (PC) e o ganho médio diário (GMD). A seleção de animais com base nesta característica é importante, pois diminui consideravelmente o gasto com alimento trazendo, desta forma, maior retorno financeiro ao produtor.

Apesar de não ter sido observado diferença significativa no consumo de proteína e energia entre as classes de eficiência alimentar, observou-se que o consumo dessas frações foi superior nas classes intermediária e ineficiente. Isso provavelmente ocorreu devido a maior exigência de mantença dos tourinhos nessas classes de eficiência, o que acarretou nesta diferença de consumo entre as classes.

A classificação através do CAR não apresentou correlação com medidas de biometria testicular (PE e VT), IPT e a concentração sérica de testosterona. Esta baixa correlação ocorreu devido as medidas reprodutivas estarem altamente correlacionadas com o PC e GMD, sendo que a classificação pelo CAR faz com que se mantenha o PC e GMD entre as classes. Portanto, recomenda-se a utilização do CAR em conjunto com outras medidas reprodutivas na seleção de touros para reprodução.

Durante o período avaliado a forma testicular (FT) mais frequente foi a longa-moderada. Já na última avaliação a tendência foi a prevalência da forma longa. Portanto, tourinhos Purunã quando mais jovens apresentam a FT longa-moderada em maior frequência, porém com o avançar da idade estes animais desenvolvem o testículo e alteraram a forma testicular para longa. Assim, pode se considerar que touros Purunã apresentam FT longa à longa-moderada.