

FAIDER ALBERTO CASTAÑO VILLADIEGO

**DESENVOLVIMENTO TESTICULAR, PONDERAL E USO DE MODELOS
NÃO-LINEARES PARA DESCREVER A CURVA DE CRESCIMENTO DO
PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C346d
2017

Castaño Villadiego, Faider Alberto, 1986-

Desenvolvimento testicular, ponderal e uso de modelos não-lineares para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal em bovinos / Faider Alberto Castaño Villadiego. – Viçosa, MG, 2017.

xv, 104f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Domingos Guimarães.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovinos - Alimentação e rações. 2. Cana-de-açúcar como ração. 3. Bovinos - Criação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária. II. Título.

CDD 22 ed. 636.20855

FAIDER ALBERTO CASTAÑO VILLADIEGO

**DESENVOLVIMENTO TESTICULAR, PONDERAL E USO DE MODELOS
NÃO-LINEARES PARA DESCREVER A CURVA DE CRESCIMENTO DO
PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

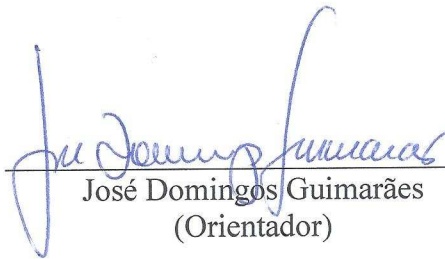
APROVADA: 27 de março de 2017.


Giancarlo Magalhães dos Santos


Fabyano Fonseca e Silva


Jurandy Mauro Penitente Filho


Eduardo Paulino da Costa
(Coorientador)


José Domingos Guimarães
(Orientador)

OFEREÇO

Aqueles que fizeram parte no início de tudo, me ensinaram os primeiros passos na vida, as primeiras palavras, a ver o mundo e tenta-lo de conquistá-lo, o valor da solidariedade, do amor, do respeito e da humildade, aos meus pais Fabiola Suarez (*In memoriam*), Nairo Castaño e minha madrastra Diana Acosta, com gratidão e saudade...

Aos meus irmãos Oscar Castaño, Dayana Castaño e Yerly Castaño com muita saudades
A minha filha, Valentina V.C.V com muito Amor. Te Amo... Meu maior presente...
A Juliana Vieira, com amor e carinho.

Deus, Eu Te Amo...

DEDICATORIA

Ao meu orientador

Dr. Jose Domingos Guimarães (JD)

Existem pessoas que passam pela nossa vida, durante nosso aprendizado e se tornam fonte de inspiração, admiração e humildade.

Muito obrigado, de coração pela ajuda econômica,
para continuar meus estudos.

Muito grato pelas oportunidades oferecidas, pelos ensinamentos,
pela confiança depositada em mim, pela amizade, pelo apoio,
pelo incentivo, e treinamento constante na minha formação
profissional e pessoal.

Foi um privilégio e uma honra de ter tido você como
professor, orientador, amigo e pai.

MUITO GRATO...

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela oportunidade da vida e pelas conquistas alcançadas. Teu grande e eterno Amor.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) sinônimo de educação e excelência, em especial aos Departamentos de Veterinária (DVT) e Zootecnia (DZO) pelo acolhimento e conhecimento recebido;

Ao programa de Pós-graduação em especial na linha de Reprodução e Produção Animal do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de permitir-me estudar nesta incrível e prestigiada instituição de ensino. Me sinto muito orgulhoso;

A todos os professores da UFV pelos ensinamentos práticos e conhecimentos científicos transmitidos;

Aos professores Giancarlos Magalhães dos Santos, Fabyano Fonseca e Silva, Eduardo Paulino da Costa e Jurandy Mauro Penitente Filho por ter aceitado participar da banca examinadora e pelas sugestões para a correção da tese;

Aos amigos e colegas da família reprodutiva pela convivência agradável e por terem proporcionado inúmeros e valiosos momentos e pela amizade;

A Jurandy pela ajuda fundamental na estatística deste trabalho, disposição e apoio incondicional;

A todos os funcionários do Departamento de Veterinária, pela amizade, carinho e atenção;

Ao CAPES pela concessão da bolsa de estudo concedida;

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a realização deste sonho tão anelado.

Muito obrigado...

BIOGRAFIA

FAIDER ALBERTO CASTAÑO VILLADIEGO, filho de Nairo de Jesus Castaño e Fabíola del Carmen Villadiego Suarez, nasceu em Tarazá, Antioquia, em 10 de outubro de 1986.

Em Agosto de 2005, no segundo período ingressou no Curso de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de Córdoba, Colômbia, colando grau em fevereiro de 2011.

Em Março de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais - Brasil, na área de concentração de Reprodução e Produção Animal, com a defesa de dissertação em 28 de fevereiro de 2013.

Em Abril de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais - Brasil, na área de concentração em Reprodução e Produção Animal, com a defesa de Tese em 27 de março de 2017.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Puberdade.....	3
2.2. Influência da nutrição no desenvolvimento testicular.....	3
2.3. Biometria testicular	4
2.4. Relação entre peso corporal e perímetro escrotal	7
2.5. Perímetro escrotal	8
2.6. Curvas de crescimento	9
2.7. Aplicação dos modelos não-lineares na avaliação de curvas de crescimento	11
2.8. Uso de modelos não-lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal.....	15
3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	18
4. CAPITULO I. DESENVOLVIMENTO PONDERAL E BIOMETRIA TESTICULAR EM BOVINOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES DIETAS	30
Resumo	30
Introdução	33
MATERIAL E MÉTODOS	34
Experimento I.....	34
<i>Local, Animais e período experimental</i>	34
<i>Tratamentos e Dietas Experimentais</i>	36
<i>Abates dos animais</i>	38
Análises Estatísticas	38
Experimento II	39
<i>Local, animais e período experimental</i>	39
Experimento III.....	42
<i>Local, animais e período experimental</i>	42
Exame externo e Mensurações testiculares.....	43
Biometria testicular post-mortem	43
Processamento histológico.....	44

Diâmetros dos túbulos seminíferos	44
Análises Estatísticas	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
Experimento I.....	45
<i>Biometria testicular post-mortem</i>	45
<i>Diâmetro dos túbulos seminíferos</i>	48
<i>Peso corporal e perímetro escrotal</i>	51
Experimento II	54
<i>Biometria testicular post-mortem</i>	54
<i>Diâmetro dos túbulos seminíferos</i>	55
<i>Peso corporal e perímetro escrotal</i>	56
Experimento III.....	57
<i>Biometria testicular post-mortem</i>	57
<i>Diâmetro dos túbulos seminíferos</i>	60
<i>Peso corporal e perímetro escrotal</i>	62
CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	69
4. CAPITULO II. USO DE MODELOS NÃO-LINEARES NO ESTUDO DO CRESCIMENTO DO PERÍMETRO ESCROTAL EM FUNÇÃO DA IDADE DE TOUROS DA RAÇA NELORE, CRIADOS EM MANEJO EXTENSIVO.	73
Resumo	73
Abstract	74
Introdução.....	75
Material e Métodos.....	76
Fazendas e manejo do rebanho	77
Medida do perímetro escrotal	78
Análises Estatísticas	79
Modelos não lineares	79
Comparação dos modelos	81
Efeito do ano de nascimento e local de origem dos animais sobre os parâmetros A e k.....	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	99

RESUMO

VILLADIEGO, Faider Alberto Castaño, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2017. **Desenvolvimento testicular, ponderal e uso de modelos não-lineares para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal em bovinos.** Orientador: José Domingos Guimarães. Coorientadores: Eduardo Paulino da Costa e José Dantas Ribeiro Filho

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento testicular e biometria testicular *in vivo* e *post-mortem* em bovinos de raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com diferentes dietas (Silagem de cana de açúcar/bagaço de cana, cana de açúcar *in natura* e silagem de milho) criados em confinamento imediatamente após a desmama (oito meses de idade) até o término da fase de terminação (15 meses). Foram utilizados 112 tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus (nos três experimentos) com idade média entre oito a nove meses e peso corporal de 230 a 270 kg. Este estudo foi conduzido em três fases. Nos experimentos 1 e 2, o manejo dos animais foi conduzido em seis baias coletivas, e no experimento 3 o manejo dos animais foi conduzido em baias individuais. Nas duas primeiras fases experimentais o manejo foi em baias equipadas com sistema de porteiras eletrônicas (tipo Calan Gate) que permitiam acesso ao cocho individualmente. Em todas as baias a água foi fornecida *ad libitum*. Foram realizadas medidas de biometrias testiculares, perímetro escrotal (PE), comprimento do testículo esquerdo (CTE) e direito (CTD), largura do testículo esquerdo (LTE) e direito (LTD), em todos os animais e realizadas em intervalos de 28 dias durante o período experimental e após o abate. Após a obtenção das gônadas, foram coletados dois fragmentos testiculares por animal e acondicionados em solução fixadora de Bouin por 18 horas, os fragmentos foram transferidos e acondicionados em álcool 70 %. Posteriormente, os fragmentos testiculares foram submetidos ao processo de desidratação em soluções alcoólicas em concentrações crescentes e sucessivas por 60 minutos cada. Após a desidratação, os fragmentos foram embebidos em xilol e incluídos em parafina. Posteriormente, com auxílio de um micrótomo, realizou-se os cortes dos fragmentos com 4 µm de espessura e montados em lâminas histológicas e procedeu-se a coloração com hematoxilina / eosina e as lâminas montadas com Entellan. No Experimento I, durante a fase de crescimento dos tourinhos alimentados com silagem de cana de açúcar, houve diferença dos valores médios do peso corporal dos animais do tratamento de alto desempenho na fase de crescimento em relação aos valores obtidos no tratamento com baixo desempenho na fase de crescimento ($p < 0,05$), e na fase de terminação utilizando bagaço de cana de açúcar, os valores médios para peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* dos animais não apresentaram diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Analisando o diâmetro tubular e altura do epitélio

seminífero na fase de crescimento não se verificou diferença entre os valores médios dos animais nos diferentes tratamentos ($p>0,05$). Porém, ao comparar as fases de crescimento e fase de terminação verificou-se diferença entre os valores médios dos diâmetros dos túbulos seminíferos ($p<0,05$), sendo maiores na fase de terminação. Os valores médios da altura de epitélio seminífero dos animais no tratamento de baixo desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (BA) foram maiores que os valores apresentados pelos tourinhos em fase de crescimento ($p<0,05$). Houve diferença no peso corporal do tratamento de alto desempenho na fase de crescimento em relação aos demais tratamentos ($p<0,05$). Não houve diferença dos valores médios para perímetro escrotal na idade de 10 – 11 meses de idade para os tourinhos da raça Nelore nos tratamentos de alto desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (AA) e médio desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (MA). O tratamento BA diferiu do tratamento AA na mesma idade ($p<0,05$). Na fase de terminação houve diferença aos 16 – 17 meses de idade em relação aos demais tratamentos ($p<0,05$). No experimento II, não houve diferença entre peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* ($p>0,05$). Com relação aos diâmetros dos túbulos e altura dos epitélios seminíferos, não houve diferença entre as médias obtidas nos diferentes tratamentos ($p>0,05$). Houve diferença para peso corporal no tratamento B quando comparados com o tratamento C para os animais de 11 – 12 e acima de 13 meses de idade ($p<0,05$). Houve diferença do perímetro escrotal dos tourinhos da raça Nelore acima dos 13 meses de idade em relação aos 9 – 10 e 11 – 12 meses de idade do tratamento da dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais (A), dieta convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico (C) e dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral (D). No experimento III, os animais do tratamento com 14% PB apresentaram maiores valores médios do peso corporal em relação aos animais dos tratamentos com 10% de PB e as médias obtidas dos animais submetidos à dieta de manutenção com 12% de PB não diferiu dos animais submetidos às dietas com 10 e 14 % de PB ($p>0,05$). Os valores médios obtidos para biometrias testiculares *post-mortem* nos animais dos tratamentos com 10, 12 e 14% de PB foram superiores aos valores obtidos para os animais do tratamento de manutenção com 12 % de PB ($p<0,05$). Houve interação significativa do peso corporal com faixa etária. O peso corporal dos tratamentos 10, 12 e 14 % de proteína bruta para os tourinhos da raça Nelore e Nelore x Aberdeen Angus foi maior quando comparados com os tourinhos do tratamento de manutenção. Os valores médios para peso corporal dos

tratamentos 12 e 14 % de proteína bruta para os tourinhos da raça Nelore não diferiram entre si ($p>0,05$), porém as médias obtidas para os animais do tratamento com dieta de manutenção diferiram das demais médias obtidas em outros tratamentos avaliados ($p<0,05$). A interação da faixa etária com a raça para peso corporal diferiram para os tourinhos da raça Nelore e Nelore x Aberdeen Angus aos 14 e 16 meses de idade, quando comparados aos demais faixas etária ($p<0,05$). O perímetro escrotal dos tratamentos 10, 12, 14 % e de manutenção não diferiram quando avaliados pela faixa etária ($p>0,05$). A faixa etária de 14 – 16 meses de idade dos tratamentos com dietas de 12, 14% e de manutenção diferiu quando comparada com as outras faixas etárias ($p<0,05$). Porém, não se observou diferença do índice gonadossomático obtido para os animais nas diferentes dietas ($p>0,05$). Analisando o efeito dos grupamentos genéticos, os valores obtidos para peso corporal, comprimento do testículo esquerdo, largura do testículo esquerdo, volume testicular esquerdo, comprimento do testículo direito, largura do testículo direito e volume testicular foram superiores para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus em comparação aos tourinhos da raça Nelore ($p<0,05$). Outras características *post-mortem* como, volume testicular direito, peso testicular com e sem epidídimo não se mostraram diferentes entre os grupamentos genéticos ($p>0,05$). Houve diferença no diâmetro dos túbulos seminíferos e altura de epitélio seminífero em animais alimentados com 14% de PB ($p<0,05$). No entanto, não houve diferença ($p>0,05$) dos valores médios obtidos nos animais dos tratamentos com 10, 14% de PB e a dieta de manutenção (12 % de PB). Houve interação dos grupos genéticos com peso corporal ($p<0,05$). Os valores médios para peso corporal dos animais nos tratamentos com 10 e 12% de PB foram maiores nos animais mestiços Nelore x Aberdeen Angus que às obtidas para tourinhos da raça Nelore ($p<0,05$). Quando comparados à concentração de proteína bruta em relação ao peso corporal dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, os valores médios obtidos foram maiores para os animais dos tratamentos com 10, 12 e 14 % de PB quando comparados aos animais do tratamento com dieta de manutenção com 12 % de PB ($p<0,05$). O índice gonadossomático para os animais do tratamento de manutenção com 12 % de PB foi maior para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus que os índices obtidos para os animais da raça Nelore ($p<0,05$). No segundo capítulo: o objetivo deste estudo foi comparar oito modelos não lineares para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal (PE) em função da idade em touros da raça Nelore em manejo extensivo. Nas análises foram utilizadas 32.635 mensurações do perímetro escrotal provenientes de 12974 touros da raça Nelore com idade entre 18 a 170 meses. Foram avaliados os modelos não-lineares Logístico, Brody, Gompertz,

Richards, Von Bertalanffy, Tanaka, Exponencial negativo e Janoschek e seus parâmetros obtidos pelo método iterativo de Gauss-Newton usado para a estimação dos parâmetros para cada modelo não-linear, usando o *Proc NLIN* do *Statistical Analysis System*. O modelo Brody foi escolhido para análise dos efeitos do local de origem e do ano de nascimento dos animais sobre os parâmetros A e k . Os modelos de Richards e de Janoschek não convergiram. O parâmetro A (assíntota) foi similar para os modelos Logístico (39,87), Brody (39,95), Gompertz (39,91), Von Bertalanffy (39,92) e Exponencial negativo (39,65). O modelo Logístico estimou o maior valor para o parâmetro B (1,25), seguido do modelo Gompertz (1,00), Brody (0,80), Von Bertalanffy (0,31) e Tanaka (0,20). O parâmetro k (taxa de maturidade) apresentou a maior estimativa para o modelo Logístico (0,00264), seguido pelo modelo Gompertz (0,00245), Von Bertalanffy (0,00238) e Brody (0,00226). O modelo Tanaka estimou o ponto de inflexão aos 596 dias de idade com 31,03 cm de perímetro escrotal. O modelo Tanaka teve as melhores estimativas de ajuste dentre os modelos avaliados. O maior R^2 foi observado pelo modelo Tanaka (0,432). Os modelos assintóticos apresentaram valores médios semelhantes de R^2 . Todos os modelos não-lineares apresentaram valores semelhantes de soma de quadrados dos erros (ESS), erro médio de predição (APE) e desvio absoluto médio (MAD). O local e ano de nascimento mostraram efeito significativo sobre os parâmetros A e k . Em forma geral, todos os modelos apresentaram alguma tendência de sub ou superestimar o perímetro escrotal. Os resultados obtidos permitiram concluir que o modelo de Brody foi o mais adequado para descrever o perímetro escrotal em função da idade de touros da raça Nelore criados em manejo extensivo.

ABSTRACT

VILLADIEGO, Faider Alberto Castaño, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2017. **Testicular, ponderal development and use of non-linear models to describe the growth curve of the scrotal perimeter in cattle.** Adviser: José Domingos Guimarães. Co-Advisers: Eduardo Paulino da Costa and José Dantas Ribeiro Filho

The objective of this study was to evaluate testicular growth and testicular biometry *in vivo* and *postmortem* in Nellore and Nellore x Aberdeen Angus crossbred bovine fed with different diets (Sugarcane silage / sugarcane bagasse, sugar cane *in natura* and corn silage) created in feedlot immediately after weaning (eight months old) until the end of the finishing period (15 months). A total of 112 Nellore and Nellore x Aberdeen Angus crossbreds bulls were used (in the three experiments) with mean ages between eight and nine months and with body weights between 230 to 270 kg. This study was conducted in three phases. In experiments 1 and 2, the management of the animals was conducted in six collective pens, and in experiment 3 the management of the animals was conducted in individual pens. In the first two experimental phases, the management was in pens equipped with electronic gate system (Calan Gate type) that allowed access to the trough individually. The water was supplied *ad libitum* in all the pens. Measurements of testicular biometrics, scrotal circumference (SC), left testicular length (LTL) and right (RTL), left testicle width (LTW) and right width (RTW) of all the animals were performed at 28-day intervals during the experimental period and after slaughter. After obtaining the gonads, two testicular fragments were collected per animal and stored in Bouin fixative solution for 18 hours; the fragments were transferred and conditioned in 70% alcohol. Subsequently, the testicular fragments were submitted to the dehydration process in alcoholic solutions in increasing and successive concentrations each 60 minutes. After dehydration, the fragments were soaked in xylol and embedded in paraffin. Then, with a microtome, the sections were cut with 4 μm thickness and mounted on histological slides and stained with hematoxylin / eosin and coverslips assembled with Entellan. In Experiment I, during the growth period of bulls fed with sugarcane silage, there were differences in the body weight mean values of the animals with high performance treatment in the growth period in relation to the values obtained in the treatment with low performance in the same period ($p < 0.05$), and in the finishing period using sugar cane bagasse, the body weight and *postmortem*

testicular biometrics mean values of the animals did not show any difference between the treatments ($p > 0.05$). Analyzing the tubular diameter and height of the seminiferous epithelium in the growth period there was no difference between the mean values of the animals in the different treatments ($p > 0.05$). However, when comparing the growth and finishing period, there was a difference between the mean values of the seminiferous tubule diameters ($p < 0.05$), being higher in the finishing period. The seminiferous epithelium height mean values of the animals in the treatment with low performance in the growth period and high performance in the finishing period (BA) were higher than the values presented by the bulls in the growth period ($p < 0.05$). There was a difference in the body weight of the high performance treatment in the growth period in relation to the other treatments ($p < 0.05$). There was no difference in mean values for scrotal circumference at the age of 10 - 11 months old for Nellore bulls in high performance treatment during the growth period and high performance in the finishing period (AA) and average performance in the growing period and high performance in the finishing period (MA). The BA treatment differed from the AA treatment at the same age ($p < 0.05$). There was a difference in the finishing period at 16 - 17 months of age in relation to the other treatments ($p < 0.05$). In experiment II, there was no difference between body weight and *postmortem* testicular biometrics ($p > 0.05$). Regarding the tubule diameter and height of the seminiferous epithelium, there was no difference between the means obtained in the different treatments ($p > 0.05$). There was a difference in body weight in treatment B compared to treatment C for 11-12 and over 13 months of animals age ($p < 0.05$). There was a difference in the scrotal circumference of Nellore bulls above 13 months of age in relation to the 9 - 10 and 11 - 12 months of conventional diet treatment, 100% supply of Ca, P and micromineral requirements (A), conventional diet to supply 100% of the requirements of microminerals, and without the addition of limestone and dicalcium phosphate (C) and conventional diet without the addition of limestone, dicalcium phosphate and premix micromineral (D). In experiment III, the animals of the treatment with 14% CP presented higher body weight means values compared to those with 10% of CP and the means obtained from the animals submitted to the maintenance diet with 12% of CP did not differ from the animals submitted to diets with 10 and 14% CP ($p > 0.05$). The *postmortem* testicular biometry mean values in the animals treated with 10, 12 and 14% CP were higher than the values obtained for the maintenance treatment animals with 12% CP ($p < 0.05$). There was a significant interaction between ages with body weight. The body weight of the 10, 12 and 14% crude protein treatments for Nellore and Nellore x Aberdeen Angus bulls was higher

when compared to the maintenance treatment. The body weight mean values of 12 and 14% crude protein treatments for Nellore bulls did not differ among them ($p > 0.05$), but the mean values obtained for the treatments with maintenance diet differed from the other means obtained in the other evaluated treatments ($p < 0.05$). The interaction between age and race for body weight differed for Nellore and Nellore x Aberdeen Angus bulls at 14 and 16 months of age, when compared to the other age treatments ($p < 0.05$). The scrotal circumference of 10, 12, 14% and maintenance treatments did not differ when evaluated by age treatment ($p > 0.05$). The age range of 14 - 16 months treatments with 12, 14% and maintenance diets differed when compared to the other age treatment ($p < 0.05$). However, there was no difference in the gonadosomatic index (GSI) obtained for the animals in the different diets ($p > 0.05$). Analyzing the effect of genetic groups, the values obtained for body weight, left testicle length, left testicle width, left testicle volume, right testicle length, right testicle width and testicular volume were higher for Nellore x Aberdeen Angus crossbred bulls compared to Nellore bulls ($p < 0.05$). Other *postmortem* characteristics such as, right testicular volume, testicular weight with and without epididymis were not shown to be different among genetic groups ($p > 0.05$). There was a difference in the diameter of the seminiferous tubules and height of seminiferous epithelium in animals fed with 14% CP ($p < 0.05$). However, there was no difference ($p > 0.05$) in the mean values obtained in 10, 14% CP and the maintenance (12% CP) treatments. There was an interaction of genetic groups with body weight ($p < 0.05$). The body weight mean values of the animals with 10 and 12% CP treatments were higher in Nellore x Aberdeen Angus crossbred animals than those obtained for Nellore bulls ($p < 0.05$). When compared the crude protein concentration in relation to the body weight of the Nellore and Nellore crossbreds bulls, the mean values obtained were higher for the animals treated with 10, 12 and 14 % CP when compared to the treatment animals with maintenance diet 12% CP ($p < 0.05$). The gonadosomatic index for the maintenance treatment 12% CP was higher for Nellore x Aberdeen Angus crossbred bulls than the Nellore bulls ($p < 0.05$). In the second chapter: The objective of this study was to compare eight nonlinear models to describe the growth curve of the scrotal circumference (SC) as a function of age in Nellore bulls in extensive management. In the analysis, 32,635 scrotal circumference measurements were performed from 12,974 Nellore bulls with a mean age of 18 months up to 170 months of age. The nonlinear models Logistic, Brody, Gompertz, Richards, Von Bertalanffy, Tanaka, Negative Exponential and Janoschek and their parameters obtained by the Gauss-Newton interactive method were used to estimate the parameters for each nonlinear model, and were

evaluated using Proc NLIN from the Statistical Analysis System. The Brody model was chosen to analyze the effects of the origin place and the birth year of the animals on the parameters A and k. The Richards and Janoschek models did not converge. The A parameter (asymptote) was similar for Logistic (39.87), Brody (39.95), Gompertz (39.91), Von Bertalanffy (39.92) and Negative Exponential (39.65) models. The logistic model estimated the highest value for B parameter (1,25), followed by the Gompertz (1,00), Brody (0,80), Von Bertalanffy (0,31) and Tanaka (0,20) models. The k parameter (maturity rate) presented the highest estimate for the logistic model (0.00264), followed by the Gompertz (0.00245), Von Bertalanffy (0.00238) and Brody (0.00226) models. The Tanaka model estimated the inflection point at 596 days of age with 31.03 cm of scrotal circumference. The Tanaka model had the best fit estimates among the evaluated models. The highest R^2 was observed by the Tanaka model (0.432). The asymptotic models presented similar R^2 mean values. All nonlinear models presented similar values of error sum of squares (ESS), average prediction error (APE) and mean absolute deviation (MAD). The place and year of birth showed a significant effect on the parameters A and k. In general, all the models presented some tendency to sub or overestimate the scrotal perimeter. The results obtained allowed the conclusion that the Brody model was the most adequate to describe the scrotal circumference according to the age of Nellore bulls raised in extensive management.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do grande potencial da pecuária brasileira, vários estudos têm observado avançada idade em que os touros zebuínos alcançam a puberdade, quando comparados com os touros taurinos criados em sistema extensivo em países tropicais. Apesar disso, os taurinos mostram-se tardios em relação aos criados nas condições dos países de clima temperado. Porém, quando os zebuínos são criados em sistemas semi-intensivos ou intensivos, a idade à puberdade mostra-se próxima dos touros taurinos criados em mesmas condições de manejo, tanto em climas temperado como em tropical (GUIMARÃES et al., 2011).

Devido ao fato de existir grande variabilidade na performance reprodutiva e produtiva dos touros, há grande necessidade de selecionar animais geneticamente superiores com precocidade sexual e fertilidade. Os estudos com objetivo de aprimorar a performance reprodutiva destes animais tornam-se fundamentais e necessários em rebanhos multiplicadores de genética, onde se deve fazer maior pressão de seleção. Entretanto, o desenvolvimento e a performance reprodutiva dos reprodutores dependem principalmente do aprimoramento de técnicas de manejo, nutrição e seleção dos futuros reprodutores, tornando-se fundamental o conhecimento da fisiologia do desenvolvimento ponderal e testicular, como a precocidade sexual e a capacidade de produção espermática. Filhas de touros de maior perímetro escrotal (PE) são mais precoces e possuem melhores índices de fertilidade quando comparados de touros de menor PE (SIQUEIRA, 2009; GUIMARÃES et al., 2011), indicando a mensuração do PE como o principal parâmetro de avaliação de precocidade sexual nos machos. Estudos também têm mostrado interações das medidas testiculares com peso corporal em touros da raça Nelore, de modo que o PE tem sido utilizado em programas de seleção para precocidade sexual (GARNERO et al., 1999, Moura et al., 2002), principalmente por ser de fácil mensuração, por apresentar alta repetibilidade e apresentar de moderada a alta herdabilidade (0,68 e 0,61 para perímetros escrotais aos 12 e 18 meses de idade) na correlação genética (GRESSLER et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2007).

A avaliação do crescimento do perímetro escrotal é descrito por uma curva sigmoide, com uma fase inicial mais lenta, seguida de um aumento da taxa de crescimento que coincide com a puberdade, havendo, posteriormente, um crescimento lento, indicativo da maturidade sexual (BERGMANN et al., 1998), ocorrendo o desenvolvimento mais intenso dos testículos entre os 12 e 18 meses de idade.

Vários pesquisadores têm utilizado os modelos não-lineares como tentativa de representar o crescimento animal e perímetro escrotal com base na idade, já que os mesmos apresentam três ou quatro parâmetros, pois alguns parâmetros dos modelos não-lineares utilizados possuem interpretação biológica e um desses parâmetro que é uma constante matemática, podem ser facilmente comparáveis entres diferentes fases de produção (QUIRINO et al., 1999b; FREITAS, 2005; GARNERO et al., 2005; SANTORO et al., 2005; GOMEZ et al., 2008; TORAL, 2008; HIROOKA 2010; LOAIZA-ECHEVERRY et al., 2013). Os modelos não-lineares apresentam grande utilidade para estimar o desenvolvimento testicular em função da idade. Entretanto, os mesmos apresentam diferença nos ajustes estatísticos (POSADA e NOGUERA, 2007). No entanto, a escolha do modelo mais adequado para estimar ou descrever o crescimento do perímetro escrotal em função da idade é dependente de fatores como genéticos, ambientais, nutricionais, raça, manejo e por fatores intrínsecos, como idade, sexo e status fisiológicos (BRODY, 1945; TATMAN et al., 2004; THORNLEY e FRANÇE, 2005).

Portanto, há necessidade de informações mais detalhadas, principalmente nas raças zebuínas quanto à precocidade sexual sobre características de desenvolvimento testiculares em touros jovens e adultos, criado em manejos confinados e intensivos. Neste sentido, este estudo foi conduzido com a finalidade de avaliar o desenvolvimento testicular e ponderal em tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus alimentados com diferentes dietas, criados em manejo intensivo da desmama a terminação e comparar oito modelos não-lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal e identificar a(s) função(s) mais adequada(s) na qualidade de ajuste, e posteriormente relacioná-lo à interpretação biológica das estimativas dos parâmetros em touros da raça Nelore criados em manejo extensivo em três regiões brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Puberdade

A puberdade é o marco inicial da fase reprodutiva de todo animal. Havendo várias definições descritas nas literaturas, entre elas pode-se citar: idade em que ocorre aumento da concentração de testosterona e início da produção de espermatozoides (ABDEL-RAOUF, 1960); idade que ocorre o desprendimento do frênulo peniano (FOOTE, 1969); idade onde são encontrados os primeiros espermatozoides no lúmen do epitélio seminífero (CARDOSO, 1977); idade onde são encontrados os primeiros espermatozoides nas caudas dos epidídimos (IGBOELI & RAKHA, 1971) idade quando os primeiros espermatozoides são encontrados no ejaculado (BACKER et al., 1988; UNANIAM, 1997).

Vale ressaltar, que a definição mais amplamente utilizada foi proposta por Wolf et al. (1965), estabelecendo o início da puberdade quando um ejaculado apresenta pelo menos uma concentração de 50 milhões de espermatozoides e mínimo de 10% de motilidade espermática progressiva retilínea, pelo método de coleta de eletroejaculador, momento em que o touro é supostamente capaz de fecundar uma fêmea bovina. Esta definição tornou-se a mais empregada, por envolver todas as definições anteriores e ser de fácil obtenção (GUIMARÃES et al., 2011).

2.2. Influência da nutrição no desenvolvimento testicular

Durante o desenvolvimento sexual de touros jovens ocorrem mudanças no desenvolvimento corporal. O desenvolvimento sexual dos animais é a progressão dos animais pré-púberes no sentido de maturação sexual envolvendo a diferenciação e a morfogênese dos órgãos reprodutivos. Desenvolvimento corporal e sexual são influenciados e impulsionados pela constituição genética inerente aos animais e é iniciado pelo aumento das concentrações de hormônios reprodutivos. Este processo é influenciado pela nutrição, ambiente e outros fatores exógenos (LAWRENCE, 1997).

Para alcançar a puberdade mais precocemente, o manejo nutricional e o ambiente onde os animais são criados são determinantes. O surgimento precoce da puberdade significa que o reprodutor deve apresentar sêmen quanti-qualitativamente suficiente para ser capaz de fecundar quando for utilizado na monta natural ou inseminação artificial (SILVA, 2002a; SANTOS et al., 2005).

Dessa forma, o manejo nutricional também deve ser considerado na avaliação reprodutiva de touros, influenciando diretamente no desenvolvimento do PE. Silva (2002a) e

Neves (2007) verificaram que touros mantidos em manejo extensivo apresentam, dentro da mesma faixa etária, menor PE quando comparados a touros suplementados com dietas a base de concentrados.

Entre os ingredientes da dieta responsáveis por essas diferenças, o teor energético se mostra o principal, sendo que touros suplementados a base de dietas com alta concentração energética apresentaram maior PE quando comparados àqueles alimentados com dietas de médio ou baixo teor energético (COUTLER et al., 1987b). Segundo Coulter et al. (1987b) e Ohl et al. (1996) diferentes teores nutricionais pós-desmama podem afetar as taxas de crescimento corporal e testicular.

Dietas energéticas, proteicas, vitaminas, macro e microminerais podem acelerar o início da puberdade e, conseqüentemente, a idade a maturidade sexual. A puberdade entre zebuínos e taurinos é influenciada principalmente a fatores ligados as condições ambientais, nutricionais e genéticas (SANTOS et al., 2005; MORAES, 2012). As condições nutricionais podem influenciar a idade à puberdade. Neste contexto, foi observado para animais da raça holandesa, atraso de duas semanas na idade à puberdade em animais submetidos a dietas de baixo nível energético, em relação àqueles animais submetidos a altas concentrações de energia (ALMQUIST e AMANN, 1982). Assim, foi verificado a grande importância do manejo nutricional adequado, suprindo todas as exigências nutricionais, com a finalidade de que os animais tenham condições de expressar precocemente o seu potencial genético (SILVA, 2002a; SANTOS et al., 2005; MORAES, 2012).

Segundo Rekwot et al. (1988), a subnutrição está relacionada a dietas com teores abaixo de 60% de nutrientes digestivos totais (NDT) ou dietas com baixos teores de proteína, que afeta diretamente o crescimento testicular.

Para avaliar os efeitos de dietas com dois teores de concentrado e lipídios sobre o PE em touros zebuínos foram avaliados dezesseis tourinhos, com idade e peso corporal médios de 24 meses de idade e 415 Kg, por noventa dias. Foi observado que o aumento médio do peso corporal e PE (78 kg e 34,4 cm, respectivamente) foram maiores nos animais que receberam alto teor de concentrado e menor (36 kg e 32,5 cm) para os animais que receberam dietas com baixo teor de concentrado (SANTOS et al., 1998).

2.3. Biometria testicular

Os primeiros trabalhos relacionados com a avaliação testicular foram realizados por Willett & Ohms (1957) e Hahn et al. (1969) com a finalidade de conseguir uma medida que

fosse capaz de prever a produção espermática dos touros. Estes autores concluíram que o PE se encontrava altamente correlacionado com peso e volume testiculares, podendo ser utilizado como indicador de quantidade de parênquima testicular, que é o tecido responsável pela produção espermática.

Willett e Ohms (1957) descreveram alta correlação do PE com produção de espermatozoides em touros jovens, o que não foi verificado em touros adultos, sugerindo que a capacidade de produção espermática diminui com a senilidade.

A alta correlação com a produção espermática e a facilidade de mensuração do PE podem levar ao melhoramento genético dos animais pela seleção dos touros com maior PE, e conseqüentemente, a identificação precoce daqueles reprodutores com maior potencial reprodutivo (BRINKS, 1994; CHRISTENSEN et al., 1999; QUIRINO, 1999a; PEÑA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; BRITO et al., 2004).

A partir da década de 80, diversos estudos foram desenvolvidos para verificar a viabilidade do uso da biometria testicular como característica de importância para o melhoramento genético (KNIGHTS et al., 1984; COULTER et al., 1987a; ALENCAR et al., 1993; ELER et al., 1996; BERGMAN et al., 1996; SARREIRO et al., 2002). Alguns dos objetivos destes pesquisadores foram a obtenção da herdabilidade, repetibilidade e correlações do PE com as características zootécnicas de interesse econômico.

Nos primeiros estudos realizados no Brasil, Bergman et al. (1996), Eler et al. (1996) e Quirino (1999a) obtiveram resultados de herdabilidade para PE de 0,52; 0,74 e 0,81, respectivamente, para bovinos da raça Nelore, ressaltando assim a inclusão desse parâmetro nos programas de seleção.

O PE é considerado uma medida de fácil obtenção e de baixo custo, podendo ser realizada com a utilização de uma fita métrica flexível (FONSECA, 2000). A mensuração do PE permite prever o potencial reprodutivo futuro, não apenas dos touros, também de suas filhas e meias irmãs (BELLOWS & STAIGMILLER, 1994) por possuir correlações favoráveis com produção de gametas, com fertilidade e ainda com as características de produção, aumentando a eficiência reprodutiva nos machos e nas fêmeas (PINTO, 1994; LÔBO, 1996).

O tamanho testicular pode ser considerado um bom indicador da quantidade de parênquima testicular, no entanto, é altamente influenciado pela composição genética do animal. Touros *Bos taurus taurus*, em geral, apresentam maior PE do que touros *Bos taurus*

indicus quando avaliados na mesma faixa etária (GODFREY et al., 1990; CHENOWETH et al., 1996; CHASE et al., 1997).

Segundo Alencar et al. (1993), há baixa correlação do PE, mensurado aos 12, 18 e 24 meses de idade e peso ao nascimento ($r=0,25$; $-0,27$; $0,17$, respectivamente), indicando que a seleção para PE não resultaria em aumento de peso ao nascimento do animal. No entanto, quando foram realizadas as avaliações das correlações com peso ao desmame, mostraram-se elevadas, variando de $r=0,61$ a $0,98$, indicando a seleção para maior PE resulta em filhos com maior peso a desmama.

Em relação ao desenvolvimento testicular, Bergmann et al. (1996), em condições de criação do manejo extensivo, avaliaram o crescimento do PE de touros da raça Nelore, e observaram que o crescimento testicular acontece de forma linear até os 12 meses de idade com tendência curvilínea após esta idade e o ponto de inflexão aproxima-se aos 18 meses de idade. Resultados semelhantes foram registrados por Quirino et al. (1998), sendo que o ponto de maior crescimento testicular (ponto de inflexão na curva de crescimento logístico) foi aos treze meses de idade, e o perímetro escrotal cresceu até os 40 meses de idade, onde alcançou um platô.

Segundo Silva et al. (2002a) o maior crescimento testicular ocorre próximo à idade à puberdade, indicando que a mensuração do PE neste período é estratégica para avanços genéticos em fertilidade e precocidade sexual. Bergmann (1999) sugere ainda que quando o objetivo da seleção é a redução da idade à puberdade, a avaliação do perímetro escrotal deve ser feita antes dos 24 meses de idade, pois é este o período que antecede ou coincide, com o início da atividade reprodutiva.

Bailey et al. (1996) sugerem que o PE não deve ser o único indicador de produção espermática, pois segundo estes autores, quando compararam grupos de animais com formatos testiculares diferentes (ovoides, alongados e esféricos), os autores verificaram que o formato testicular influenciou a produção diária de espermatozoides. O grupo de touros que apresentou maior PE não foi o que teve maior produção espermática, isto se deve ao fato de que os testículos alongados possuem melhor termorregulação quando comparados com os outros formatos testiculares. Isso se deve, a melhor distribuição de vasos sanguíneos e túbulos seminíferos, que são importantes na produção espermática ou então por possuírem o maior volume total das gônadas, embora com PE menor.

2.4. Relação entre peso corporal e perímetro escrotal

Entre as características de desenvolvimento ou crescimento corporal estão o peso corporal, normalmente tomado ao nascimento, aos 120 dias de idade, na desmama, no sobreano e na idade adulta. Esses pesos corporais, do nascimento ao sobreano, mostram de baixa a alta herdabilidade, mas, principalmente de média a alta (0,20 a 0,33), e são positivamente correlacionados entre si, indicando que, em geral, respondem bem a seleção genética (LÔBO et al., 2000).

Ohl et al. (1996) examinaram os efeitos de ganho de peso corporal sobre o perímetro escrotal e histologia testicular, em 23 tourinhos meios-irmãos, mestiços Aberdeen Angus x Hereford, de 11,6 a 15,3 meses de idade. Comparando duas dietas, alto ganho (1,6 kg/dia) e baixo ganho (0,5 kg/dia). A média do perímetro escrotal e peso corporal foram de $34,0 \pm 0,8$ e $31,7 \pm 0,5$ cm de PE; 512 ± 3 e 421 ± 9 kg de peso corporal, para rações de alto e baixo ganho, respectivamente. No entanto, não houve diferença na frequência de lesões testiculares observadas.

Os pesos aos 120 dias de idade e à desmama são utilizados para avaliar a habilidade materna e o potencial de crescimento dos bezerros. Já os pesos ao ano (365 dias de idade) e ao sobreano (450 e/ou 550 dias de idade) são utilizados para auxiliar o potencial de crescimento após a desmama (ALENCAR, 2002).

Segundo Arias & Slobodzian (1998) a melhoria no manejo nutricional produz incremento tanto no PE como no peso corporal (PC) em touros da raça Nelore. Entretanto, estes autores verificaram que o PC evoluiu mais rapidamente que o PE quando a alimentação foi melhorada.

O efeito da idade dos touros da raça Nelore foi fonte importante de variação e cada dia de idade acima da média (570 dias) ocasionou aumento de 0,0068 cm no PE. Observaram ainda que, para cada kg de desvio da média de peso aos 570 dias de idade, ocorreu aumento de 0,0394 cm no PE. Estes autores concluíram que diferenças no desenvolvimento testicular aos 570 dias de idade estariam relacionadas com diferenças em precocidade, sobretudo se maior perímetro escrotal estivesse relacionado a animais de mesmo tamanho corporal. Assim, para a mesma condição de criação e de peso corporal, o desejável seriam relações de PC/PE menores, visando identificar os animais sexualmente precoces (ARIAS & SLOBODZIAN, 1998).

2.5. Perímetro escrotal

O perímetro escrotal (PE) é uma medida utilizada como ferramenta de seleção de melhoramento genético, por ser uma característica de mensuração de fácil obtenção (SILVA et al., 2002b; OLIVEIRA et al., 2007). O PE está fortemente relacionado com idade a puberdade e precocidade sexual (GRESSLER et al., 2000; SILVA et al., 2002b). Animais que atingem a puberdade mais precocemente começam a vida reprodutiva mais rapidamente, devido a sua precocidade sexual, sendo uma característica com grande impacto na vida produtiva do animal, tornando-o mais eficiente e rentável (BRITO et al., 2007). O PE é uma característica que possui elevada repetibilidade e de moderada a alta herdabilidade e que é correlacionada com o ganho de peso corporal (GRESSLER et al., 2000; PEÑA et al., 2000; BOLIGON et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2013).

Valentim et al. (2002) reportaram maiores médias de perímetro escrotal em touros cruzados (Nelore x raças europeias) quando comparados com touros da raça Nelore, tanto aos 20 quanto aos 24 meses de idade. Os autores ainda ressaltaram que as avaliações de perímetro escrotal não devem ser feitas sem que se leve em consideração as raças e as idades dos animais.

Quirino et al. (2004) avaliaram o tamanho do PE em diferentes idades de touro da raça Marchigiana com presença ou ausência do gene miostatina mutante (GDF – 8). Dos 240 animais genotipados, 24 animais eram homozigóticos para o gene mutante, 128 animais eram heterozigóticos e 88 animais eram homozigóticos para o gene normal. O perímetro escrotal foi menor em touros de musculatura dupla aos 15, 18 e 24 meses de idade em relação ao tamanho dos testículos de touros normais.

De acordo com Brito et al. (2004) o desenvolvimento sexual em touros das raças Nelore e Canchim que atingiram maturidade sexual mais precocemente apresentaram maior perímetro escrotal e maior peso corporal na fase pré-puberal atingindo a puberdade mais precoce quando comparados com os touros da maturidade tardia. O perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade foi 19 e 24 cm para os touros da raça Nelore e Canchim, respectivamente. Concluindo que o perímetro escrotal é um bom preditor de precocidade sexual para seleção de touros.

Brito et al. (2007) trabalhando com tourinhos da raça Angus e mestiços Angus x Charolês, observaram diferença em tourinhos que receberam dieta de baixa nutrição, sendo mais leves, menor perímetro escrotal e menor volume testicular quando comparados com tourinhos que receberam dieta de alta e média nutrição.

Boligon et al. (2007) verificaram correlações genéticas favoráveis do perímetro escrotal aos 12 e aos 18 meses de idade em tourinhos da raça Nelore e características medidas em fêmeas como peso ao primeiro parto, idade ao primeiro parto, dias para o primeiro parto e duração da gestação. Os autores ressaltaram que a utilização do perímetro escrotal como critério de seleção visa melhorar a eficiência reprodutiva nas fêmeas.

Barth et al. (2008) registram maior perímetro escrotal em tourinhos com um ano de idade, que foram alimentados com dietas de alta energia no período pós-desmame, com o intuito de maximizar a taxa de ganho médio diário e conseqüentemente maior peso corporal. Entretanto, os referidos autores citam que parte desse aumento do tamanho, provavelmente se deveu à deposição de gordura no escroto.

Menegassi et al. (2011) relataram a existência de variabilidade do tamanho do perímetro escrotal em relação a idade e raça, assim como as correlações do peso testicular com peso vivo em touros. Os autores verificaram que os touros da raça Devon, Polled Hereford e Red Angus apresentaram valores maiores de perímetro escrotal quando comparados com touros da raça Aberdeen Angus, Hereford, Shorthorn, Charolais, Limousine, Braford, Brangus, Montana, Santa Gertrudis, Nelore e Tabapuã aos dois e três anos de idade. Verificaram ainda que o perímetro escrotal e peso testicular são altamente correlacionados ($r^2 = 0,90$).

Lima et al. (2013) concluíram que touros da raça Nelore com maior perímetro escrotal apresentaram menor idade à puberdade e suas associações com padrões seminais, pode auxiliar na seleção de animais geneticamente mais precoce.

2.6. *Curvas de crescimento*

O crescimento corporal pode ser definido como o ganho de peso do animal para alcançar o tamanho adulto. No estágio inicial de desenvolvimento, o crescimento é mais acelerado e o ganho de peso é maior, quando comparado com aquele que ocorre na idade adulta, apresentando curva de evolução sigmoide ascendente. A taxa de crescimento é alterada e conseqüentemente ocorre a alteração da curvatura, identificando o ponto de maior taxa de crescimento. Após o ponto de maior crescimento, a taxa de crescimento diminui gradualmente e esta tendência continua até o crescimento se estabilizar, correspondendo matematicamente à assíntota horizontal (GOMEZ et al., 2008).

A representação gráfica do crescimento do animal é chamada de curva de crescimento (LOAIZA-ECHEVERRI et al., 2013). Nos estudos da curva de crescimento em animais tem-se empregado principalmente os modelos não-lineares, os quais descrevem relação funcional

entre peso corporal e idade dos animais (SILVA et al., 2001; GARNERO et al., 2006; FORNI et al., 2009, SOUZA et al., 2010). A curva de crescimento permite a observação do ganho de peso corporal em função do tempo e a predição de características reprodutivas como idade à puberdade (DUPLESSIS et al., 2015).

A curva de crescimento pode ser avaliada de três formas: a primeira forma tipo estático, se refere quando é realizada uma ou várias medidas de tamanho em um determinado rebanho com a mesma idade, porém esta forma de medida fornece pouca informação sobre o crescimento do rebanho; a segunda forma é tipo seccional-cruzado, refere-se que cada animal é avaliado apenas única vez, mais outros animais do mesmo lote são avaliados em estádios de crescimento diferentes. Esta forma permite caracterizar a curva de crescimento do rebanho avaliado, porém, vai depender do desenvolvimento de cada animal, podendo influenciar a qualidade da informação obtida. A última forma do tipo longitudinal, refere-se a uma ou mais variáveis são mensuradas mais de uma vez em um mesmo animal em diferente estágio de desenvolvimento ou crescimento. Esta última abrange as outras formas anteriormente mencionada (FITZHUGH, 1976).

A curva de crescimento sigmoide pode ser dividida em primeiro segmento de aumento da inclinação (a fase de auto-aceleração) e o segundo segmento diminuição da inclinação (a fase auto-inibidora) e o ponto de encontro entre estas duas fases é conhecido como ponto de inflexão (BRODY, 1945; GOONEWARDENE et al., 1981, YIN et al., 2003).

Os modelos de curva de crescimento descrevem o padrão de crescimento ao longo do tempo e estimam o peso corporal em determinadas idades. Os parâmetros das funções de crescimento são altamente hereditárias e podem ser uma alternativa para utilização em programa de seleção de melhoramento genético, em relação a precocidade sexual, ganho de peso corporal e conseqüentemente rendimento de carcaça (DASKIRAN et al., 2010; ULUTAS et al., 2010).

O crescimento corporal do animal é influenciado por vários fatores, como genéticos, ambientais, nutricionais, raça, manejo e por fatores intrínsecos, como idade, sexo e status fisiológicos, podendo influenciar ou favorecer o armazenamento e mobilização dos nutrientes e conseqüentemente o desenvolvimento corporal, reprodutivo e tamanho testicular dos animais resultando em padrão sigmoide crescente (BRODY, 1945; TATMAN et al., 2004; THORNLEY & FRANÇE, 2005). No entanto, a curva de crescimento pode apresentar mais de um ponto de inflexão, devido às restrições causadas pelo ambiente e manejo (NESETRILOVA, 2005; THORNLEY & FRANÇE, 2005).

2.7. Aplicação dos modelos não-lineares na avaliação de curvas de crescimento

Na análise estatística, a avaliação de possíveis relações entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes pode ser realizada por modelos de regressão lineares e não-lineares. Os modelos de regressão são classificados como lineares e não lineares. Pode-se dizer que um modelo é linear se as derivadas parciais da variável dependente em relação a cada parâmetro não forem funções dos próprios parâmetros, ou seja, as derivadas não dependem dos parâmetros, são independentes. O modelo é considerado não-linear quando as derivadas parciais da variável dependente em relação a cada parâmetro são funções dos próprios parâmetros. Basta uma de suas derivadas serem funções dos parâmetros para o modelo ser classificado como não linear (FERREIRA, 2006)

Um modelo de regressão não-linear é considerado intrinsecamente linear, este pode ser transformado a um modelo linear por meio de uma reparametrização apropriada. O inconveniente dessa transformação é que além do parâmetro perder sua interpretação intrínseca, pode alterar a estrutura e distribuição do erro (MAZUCHELI & ACHCAR, 2002).

A vantagem de usar os modelos de regressão não-lineares é que permitem acomodar grande número de mensurações em alguns parâmetros com interpretação biológica (LOAIZA-ECHEVERRI et al., 2013).

Os modelos de regressão não-lineares são usados para descrever a curva de crescimento animal. No entanto, se faz necessário critérios para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos, com finalidade de determinar o modelo mais adequado para descrever o crescimento animal (RONDON et al., 2002). Fornecem estimativas de taxa de crescimento, taxa de maturidade (medida de precocidade) e peso à maturidade (peso na idade adulta ou peso assintótico). Além disso, as informações obtidas nos dados de peso-idade dos animais possibilitam o estudo da curva de crescimento para três ou quatro parâmetros biologicamente interpretáveis (BERRY et al., 2005) e utiliza-se para derivar outras características de crescimento relevantes (NEŠETŘILOVÁ, 2005). Nos estudos empregando modelos não lineares pode ocorrer de um ou mais modelos apresentarem estimativas semelhantes. Outra vantagem permite identificar animais mais pesados em idade mais jovem de uma população de animais (FREITAS, 2005).

As taxas de crescimento, peso corporal, tamanho adulto e intervalo do nascimento à maturidade (GBANGBOCHE et al., 2011) são as características importantes de produção que podem ser estimadas usando as funções matemáticas (KAPS et al., 2000). A grande

importância desses parâmetros no melhoramento genético animal fundamenta-se na possibilidade de detectar animais mais pesados em idades mais precoces, permitindo conhecer a função de crescimento de uma população (THOLON & QUEIROZ, 2009).

Nos estudos de curvas de crescimento, geralmente são realizados ajustes das funções matemáticas aos dados de peso-idade dos animais. Esses modelos foram descritos pela primeira vez por Brody (1945) e Richards (1959) com a finalidade de descrever ou prever a curva de crescimento dos animais. As funções de crescimento de Brody, Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy e Richards são as funções não-lineares mais empregadas para descrever padrões de crescimento sigmoidal em bovinos (BERRY et al., 2005).

De acordo com Silva et al. (2001), Freitas (2005) e Malhado et al. (2008) os modelos de regressão não-lineares como Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz (Tabela 1) são os mais empregados em diversos estudos para descrever as curvas de crescimento animal.

Tabela 1: Modelos de regressão não-lineares empregados para descrever curvas de crescimento em bovinos

Modelo	Equação	Número de parâmetros	Autor/ano
Brody	$A(1 - Be^{-kt})$	3	Brody, 1945
Von Bertalanffy	$A(1 - Be^{-kt})^3$	3	Von Bertalanffy, 1957
Richards	$A(1 - Be^{-kt})^m$	4	Richards, 1959
Logístico	$A/(1 + Be^{-kt})$	3	Nelder, 1961
Gompertz	$Ae^{-Be^{-kt}}$	3	Laird e Howard, 1965

Geralmente os modelos não-lineares apresentam três parâmetros que possuem interpretação biológica e um outro parâmetro que é uma constante matemática. O parâmetro A, definido como o valor assintótico, representa a estimativa do perímetro escrotal à maturidade; ou seja, representa o tamanho adulto do animal (peso corporal, altura, perímetro escrotal, etc). O parâmetro B não possui interpretação biológica, é constante de integração, relacionada a proporção do tamanho testicular maduro assintótico obtido após o nascimento e é utilizado apenas para adequar o valor inicial do perímetro escrotal. O parâmetro k corresponde ao índice de maturidade ou a estimativa de precocidade de maturidade, sendo indicador da velocidade com que o animal se aproxima do valor assintótico, quanto maior for

o valor mais precoce é o animal ou vice-versa. O parâmetro m dá forma à curva de crescimento e em alguns modelos é denominado como ponto de inflexão, porém os modelos que não possuem o parâmetro m tem valor igual a 1. O ponto de inflexão é o ponto em que o animal passa de uma fase de crescimento acelerado para uma fase de auto inibição até chegar ao tamanho adulto, indicando o ponto que passa a crescer com menor velocidade, sendo o crescimento essencialmente linear (QUIRINO et al., 1999b; SILVA et al., 2001; FREITAS, 2005; MENDES et al., 2008; PEREIRA et al., 2016). No modelo de Richards o ponto de inflexão é variável e nos outros modelos assume valores fixos. O parâmetro $m = 1$ no Brody, $m = 3$ no Von Bertalanffy, $m = -1$ no Logístico e $m \rightarrow \infty$ no Gompertz (SILVA et al., 2001).

McManus et al. (2003), Sarmiento et al. (2006), Carneiro et al. (2009) e Souza et al. (2010) observaram correlação negativa entre os parâmetros genéticos A e k dos modelos não-lineares. Esta correlação indica que os animais que apresentam maiores taxas de crescimento tiveram menor probabilidade de atingir tamanhos maiores (dependendo da característica avaliada) à idade adulta, do que aqueles que crescem mais lentamente no início da vida.

O modelo de Brody (1945) foi proposto para descrever o crescimento que acontece após o ponto de inflexão ou fase de auto-inibição do crescimento. O parâmetro m neste modelo assume o valor 1. A maioria dos trabalhos que utilizam este modelo considera o nascimento como o ponto de inflexão, podendo assim ser utilizado para descrever o crescimento pós-natal.

O modelo de Von Bertalanffy (1957) foi baseado na suposição de que o crescimento é a diferença entre as taxas de anabolismo e catabolismo do animal. Neste modelo o ponto de inflexão m é fixo em aproximadamente 0,30 do valor de A .

O modelo descrito por Richards (1959) é considerado por vários pesquisadores como o modelo de crescimento mais completo, por possuir quatro parâmetros, porém com ponto de inflexão variável. A importância desta função fundamenta-se no seu ponto de inflexão, dependente do parâmetro m , deve ser estimado para cada análise, para que se consiga melhor interpretação biológica dos dados. No entanto, pode haver dificuldade no ajuste da curva, devido a não convergência do processo iterativo, causado principalmente pela alta correlação negativa entre os parâmetros B e m .

O modelo Logístico proposto por Nelder (1961) apresenta uma curva simétrica em relação ao ponto de inflexão. Devido ao parâmetro B ser fixo em 1 o ponto de inflexão fica limitado entre 41 a 44 % do valor de A . Este modelo considera a velocidade de crescimento proporcional ao crescimento efetuado e ao crescimento que fica por efetuar.

O modelo de Gompertz foi desenvolvido em 1825 por Benjamin Gompertz para estudar as leis de natalidade e mortalidade humana (LAIRD, 1965) e se baseia na suposição de que a taxa de crescimento específico cai exponencialmente com o tempo. O ponto de inflexão neste modelo é fixo em 0,37 no valor de A.

O modelo TANAKA foi proposto por Tanaka (1982) e apresenta uma curva de crescimento que expressa aumento infinito. O estudo do crescimento do perímetro escrotal em ovinos (BILGIN et al., 2004) possui quatro parâmetros que permite o crescimento indeterminado sem ter uma assíntota. Este modelo apresenta no início um período de crescimento lento, posteriormente, um período exponencial e por último um período de crescimento lento indefinido (EMSEN, 2005).

O modelo Exponencial Negativo foi utilizado por Silva et al. (2002) que avaliaram o perímetro escrotal em função da idade à coleta do sêmen. Os autores verificaram que o tamanho testicular variou com a idade, e que em touros da raça Nelore, o crescimento testicular ocorreu de forma acentuada na faixa etária de 11,4 até 18 meses de idade, sendo aos 11,4 e 18 meses de 0,04170 e 0,02578 cm/dia, respectivamente. Entre 18 a 24 meses de idade o crescimento testicular diminuiu para 0,02142 cm/dia, sendo de 0,01419 cm/dia de 24 até 30 meses de idade e 0,00939 cm/dia de 30 até 36 meses de idade, concluindo que no rebanho estudado, os testículos param de crescer entre os dois a três anos de idade. Concluíram que a maior taxa de crescimento acontece entre os 11,4 e 18 meses de idade, coincidindo com maiores variações da motilidade do sêmen (de 5 a 95 % de motilidade espermática) em touros jovens.

O modelo Janoschek foi proposto inicialmente em 1957. Esta curva de crescimento tem a flexibilidade da curva de Richards, mas é muito mais fácil de ajustar e manipular. Raramente falha em convergir durante a regressão não-linear, porém, é utilizado principalmente para descrever o crescimento pós-natal de um indivíduo.

Lopes et al. (2011) avaliaram quatro modelos não lineares (Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico) para descrever o crescimento de bovinos da raça Nelore, desde o nascimento até os 750 dias de idade, dos animais nascido entre 1987 a 2007 no Norte de Brasil. Os autores concluíram que o modelo Von Bertalanffy foi o mais indicado para descrever a curva de crescimento médio dentro do período estudado.

Na Malasia, Mohd et al. (2015) compararam os modelos de Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico para descrever o crescimento do peso corporal em 279 vacas da raça Brahman. Entre os quatro modelos estudados, os modelos Logístico e Gompertz apresentaram

o maior coeficiente de determinação. No entanto, o modelo Logístico também apresentou menores quadrados médios residuais (0,973 e 1037,4, respectivamente), seguido pelo modelo Gompertz (0,973 e 1050,4, respectivamente), Von Bertalanffy (0,972 e 1067,1, respectivamente) e Brody (0,912 e 1037,4, respectivamente). Os autores verificaram correlação negativa para todos os modelos estudados da taxa de maturidade com peso corporal maduro ($r=-0,528$ a $-0,874$), mostrando que os animais com baixa taxa de maturidade levariam mais tempo para atingir o peso corporal maduro.

Pereira et al. (2016) avaliaram os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz em fêmeas bovinas leiteiras mestiças e observaram que os modelos Brody, Von Bertalanffy e Logístico apresentaram maior coeficiente de determinação ajustados (R^2). No entanto, o modelo Von Bertalanffy foi o único capaz de descrever a taxa de crescimento instantâneo (TCI), e os demais modelos estudados subestimaram o incremento de peso corporal.

Malhado et al. (2009) avaliaram funções não lineares para descrever o crescimento de bovinos da raça Nelore no estado da Bahia, desde o nascimento até 2 anos de idade. Os modelos Logístico e Gompertz apresentaram melhores ajustes. Os autores verificaram que os efeitos ambientais do modelo (sistema de criação, sexo, fazenda, mês e ano de nascimento) influenciaram significativamente os parâmetros A e k . Porém, quando avaliadas as correlações de Pearson entre os parâmetros A e K , as mesmas foram negativas e iguais, sendo $r=-0,62$ e $-0,61$ para machos e fêmeas, respectivamente. Concluíram que as fêmeas foram mais precoces e de menor peso corporal a maturidade em relação aos machos.

Salem et al. (2013) empregaram os modelos Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy para descrever o crescimento de animais mestiços (Friesian/taurinos) e de bubalinos machos. Os autores verificaram que os modelos utilizados apresentaram as mesmas tendências, porém, o modelo de Brody se ajustou melhor aos dados estudados.

2.8. Uso de modelos não-lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal

O crescimento do perímetro escrotal pode ser mensurado várias vezes num mesmo animal ao longo do tempo. A taxa de crescimento do perímetro escrotal pode indicar a taxa de desenvolvimento sexual dos machos. Assim, os modelos de regressão não-lineares aparecem como ferramenta para caracterizar e descrever a relação entre a idade e o perímetro escrotal (QUIRINO et al., 1999b). O crescimento do perímetro escrotal segue um padrão sigmoide, apresentando uma fase de crescimento inicial lenta, seguida de uma fase de aceleração e um

ponto de inflexão, quando ocorre diminuição da taxa de crescimento até a estabilização do perímetro escrotal (QUIRINO et al., 1999b).

Quirino et al. (1999b) avaliaram 532 touros da raça Nelore nascidos no período de setembro de 1992 a dezembro de 1994, e com idades variando de 200 a 1300 dias. Foram avaliados os modelos Brody, Logístico, Gompertz e Richards para caracterizar o crescimento do perímetro escrotal. O modelo de Richards não atingiu o critério de convergência. O modelo Logístico apresentou melhor padrão de predição média do perímetro escrotal, esta função estimou o valor do perímetro escrotal à maturidade de 37,95 cm aos 72 meses de idade. O ponto de inflexão foi atingido aos 13,09 meses de idade com média de 18,97 cm de perímetro escrotal.

No estudo de Delgado et al. (2000) realizado no México, os autores estudaram a curva de crescimento do perímetro escrotal desde a desmame até 16 meses de idade em tourinho da raça Retinta Espanhola. Foram realizadas 1020 mensurações testiculares de 281 tourinhos. Os autores analisaram 15 curvas divididas em quatro grupos. O primeiro grupo foi composto de duas curvas exponenciais (exponencial 1 e 2) e parabólicas, o segundo grupo por três curvas logísticas (Logística n° 1, n° 2 e generalizada), o terceiro grupo de cinco curvas biológicas (Brody, Gompertz n° 1 e n° 2, Von Bertalanffy e Richards) e no último grupo os polinômios (Lineal, quadrática, cúbica e quártica). Concluíram que a curva logística foi a que melhor descreveu o perímetro escrotal, seguido pela curva Gompertz.

Parma et al. (2006) avaliaram 2943 mensurações do perímetro escrotal de 198 tourinhos da raça Nelore, nascidos entre 1988 e 1994. Os modelos avaliados foram Von Bertalanffy, Logístico e Brody. Os autores concluíram que o modelo Von Bertalanffy foi o mais adequado para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal, particularmente até os 21 meses de idade.

Martin Nieto et al. (2003) avaliaram os modelos Brody, Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy para descrever o crescimento do perímetro escrotal em função da idade em touros da raça Canchim e do grupo genético MA (filhos de touros Charolês com vacas filhas de touro Canchim com fêmeas Nelore). Foram realizadas 27363 mensurações do perímetro escrotal, provenientes de 5520 touros da raça Canchim e 8892 provenientes de 1450 touros do cruzamento MA (pelo menos uma mensuração do perímetro escrotal entre 6 e 12 meses, uma entre 24 e 30 meses e uma entre 36 e 40 meses). Os autores demonstraram que o modelo Gompertz foi o que melhor descreveu o crescimento do perímetro escrotal nos touros da raça

Canchim e o modelo Logístico foi o que melhor descreveu o crescimento do perímetro escrotal em touros MA.

Nieto et al. (2006) avaliaram os modelos Brody, Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy para descrever o crescimento do perímetro escrotal de touros da raça Canchim, nascidos entre 1995 a 2001, analisando 37.344 mensurações de perímetro escrotal de 7.552 animais, pertencentes a 19 fazendas e criados com diferentes sistemas de criação, a pasto (29.042), suplementados (5.231) e confinados (3.071). Os autores concluíram que o modelo Logístico foi o que melhor descreveu a curva de crescimento do perímetro escrotal.

Neves et al. (2011) concluíram que o modelo Logístico foi adequado para descrever o crescimento do perímetro escrotal em função da idade em touros da raça Nelore. O perímetro escrotal estimado à maturidade (A) foi de 40,0 cm aos 70 meses de idade e o ponto de inflexão (ponto de crescimento máximo) foi alcançado aos 11,32 meses de idade com média de 20,0 cm de perímetro escrotal. Apresentaram elevadas e positivas correlações entre perímetro escrotal e idade permitindo que a seleção de machos da raça Nelore criados a pasto possa ser realizada aos 12 e 18 meses, com perímetros escrotal de aproximadamente 20,15 cm e 25,41 cm, respectivamente.

Henry et al. (2013) utilizaram o modelo Logístico para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal de búfalos das raças Jaffarabadi, Mediterrâneo e Murrah em dez fazendas, cinco delas localizadas no estado de Minas Gerais, quatro no estado do Pará e uma localizada no estado da Bahia. Foram realizadas um total de 65, 189 e 197 mensurações do perímetro escrotal nos búfalos da raça Jaffarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente. O perímetro escrotal à maturidade e a idade do ponto de inflexão foi de 32,94; 32,46 e 31,51 cm, e 16,47 cm em 427 dias; 16,23 cm em 199 dias e 15,75 cm em 330 dias, respectivamente. O perímetro escrotal e a idade do ponto de inflexão do perímetro escrotal foram similares entre as raças de búfalo, podendo ser utilizada como medida de seleção de precocidade sexual.

Loaiza-Echeverri et al. (2013) avaliaram 7.719 mensurações do perímetro escrotal realizadas a cada três meses de 1.317 touros da raça Guzerá, nascidos entre os anos 2000 a 2009 em três fazendas de regiões diferentes do estado de Minas Gerais, sendo 755 animais do município de Brasilândia de Minas, 412 touros do município de Unaí e 150 touros do município de Carlos Chagas. Os animais tinham idades entre 1 a 93 meses de idade e perímetro escrotal de 9 até 45 cm. Cinco modelos não-lineares (Brody, Logístico, Gompertz, Richards e Tanaka) foram comparadas pelos seus parâmetros estimados, quadrado médio do

erro (QME), coeficiente de determinação (R^2), erro de predição médio (EPM), desvio médio absoluto (DMA), teste de Durbin Watson (DW) e o grau de dificuldade computacional. Os autores verificaram que o modelo de Richards não atingiu o critério de convergência. O R^2 foi similar para todos os modelos e apresentaram valores entre 0,68 e 0,69. Os valores de QME e DMA foram menores para o modelo Tanaka seguido pelo modelo Logístico. Portanto, estes modelos foram mais adequados para predizer o crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Guzerá. Os pontos de inflexão e idades ao ponto de inflexão dos modelos Gompertz, Logístico e Tanaka foram 8,2, 14,5 e 19,3 meses de idade e 14,4, 18,3 e 23,7 cm de perímetro escrotal, respectivamente.

3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAOUF, M. The postnatal development of the reproductive organs in bulls with special reference to puberty. **Acta Endocrinology**, v.49, p.1-19, 1960. (Suppl.)

ALENCAR, M.M. Critérios de seleção e a moderna pecuária bovina de corte brasileira. In: **IV SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, Anais**, CDROM, 2002.

ALMQUIST, J.O.; AMANN, R.P. Effect of a high ejaculation frequency on sperm characteristics of Holstein bulls from puberty to two years of age. **Journal of Dairy Science**, v.45, p. 688-689, 1982.

ARIAS, A.; SLOBODZIAN, A. Análisis de los datos de los registros de la raza Nelore de Paraguay. In: **CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN DE CARNE**, 1, Mariano R. Alonso. **Anales**. Asunción: APCN/BURSAL/DBO Sul, p.51-94, 1998.

BACKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R.; CARTWRIGTH, T.C Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2167-2158, 1988.

BARTH, A.D.; BOWMAN, P.A.; BO, G.A. Effects of narrow sperm head shape on fertility in cattle. **Canadian Veterinary Journal**, v.33, p.31-39, 1992.

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.

BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B. Selection for fertility. In: M.J. Fields and R.S. Sand (Ed.) Factors Affecting Calf Crop. CRC Press, Boca Raton, FL.p.197-211, 1994.

BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINE, 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 Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.48, n.1, p.69-78, 1996.

BERRY, D.P.; HORAN, B.; DILLON, P. Comparison of growth curves of three strains of female dairy cattle. **Journal Animal Science**, v. 80, p.151-160. 2005.

BERTALANFFY, L. VON. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, v. 32, p. 270-230. 1957.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.36, n.3, p.565-571, 2007.

BRINKS, J.S. Relationship of scrotal circumference to puberty and subsequent reproductive performance in male and female offspring. **In:** Fields, M.J. e Sand, R.S. (ed.). Factors affecting calf crop. Colorado State University, Fort Collins. Cap. 26, p.363-370, 1994.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, v. 61, p. 511-528, 2004.

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R..E.; CREWS JR, D.H.; MIR, P.M.; KASTELIC, J.P. Effect of nutrition during calthood 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.

BRODY, S. **Bioenergetics and Growth, With Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals**. Reinhold Publishing Co, New York, 1945.

CARDOSO, F.M.; GODINHO, H.P. Morphological events occurring in the seminiferous tubules of the Brazilian Nelore Zebu associated with age. *Anatomischer Anzeiger*, v.145, p.262-267, 1977.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; AFFONSO, P.R.; PEREIRA, D.G.; SUZART, J.C.C.; RIBEIRO, J.M.; ROCHA, J.L. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 10, p. 536–545. 2009.

CHASE Jr.C.C.; CHENOWETH, P.J.; LARSEN, R.E.; OLSON,T.A.; HAMMOND,A.C.; MENCHACA, M.A.; RANDEL,R.D. Growth and reproductive development from weaning though 20 months of age among breeds of bulls in subtropical Florida. *Theriogenology*, v.47, p. 723-745, 1997.

CHENOWETH, P.J.; CHASE JR, C.C.; THATCHER, M.J.D.; WILCOX, C.J.; LARSEN, R.E. Breed and other effects on reproductive traits and breeding soundness categorization in young beef bulls in Florida. *Theriogenology*, v. 46: p.1159- 170, 1996.

CHRISTENSEN, P.; BROCKHOFF, P.B.; LEHN-JENSEN, H. The relationship between semen quality and the nonreturn rate of bulls. *Reproduction in Domestic Animals*, v. 34, p. 503-507, 1999.

COULTER, G.H.; MAPLETOFT, R.J.; KOZUB, G.C.; BAILEY, D.R.C.; CATES, W.F. Heritability of scrotal circumference in one and two year old bulls of different beef breeds.

Canadian Journal of Animal Science, v.67, p. 645-651, 1987a.

COULTER, G.H.; CARRUTHERS, T.D.; AMANN, R.P.; KOZUB, G.C. Testicular development, daily sperm production and epididymal sperm reserves in 15-mo-old Angus and Hereford bulls: effects of bull strain plus dietary energy. **Journal of Animal Science**, v.64: p. 254-260, 1987b.

DELGADO, C.; VALERA, M.; MOLINA, A.; JIMENEZ, J.M.; RODERO, A. Circunferência escrotal como predictor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: curvas de crecimiento en el vacuno retinto, **Archivos de Zootecnia**, v, 49, p, 229-240, 2000.

DUPLESSIS, M.; CUE, R.I.; SANTSCHI, D.E.; LEFEBVRE, D.M.; LACROIX, R. Weight, height, and relative reliability indicators as a management tool for reducing age at first breeding and calving of dairy heifers, **Journal of Dairy Science**, v,98, p,2063-2073, 2015.

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Parâmetros genéticos para peso, avaliação visual e circunferência escrotal na raça Nelore, estimados por modelo animal. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária de Zootecnia**, v. 48, n.2, p. 203-213, 1996.

FERREIRA, D.F. Uso de recursos computacionais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 159 p.

FITZHUGH, H. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**. v. 42, p. 1036 – 1051, 1976.

FORNI, S.; PILES, M.; BLASCO, A.; VARONA, L.; OLIVEIRA, H.N.; LOBO, R.B.; ALBUQUERQUE, L.G. Comparison of different nonlinear functions to describe Nelore cattle growth. **Journal of Animal Science**, v,87, p,496-506, 2009.

FONSECA V.O. O touro no contexto da eficiência reprodutiva do rebanho. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.21, n.205, p.48-63, 2000.

FOOTE, R.H. Physiological aspect of artificial insemination. In: COLE, H.H.; CUPPS, P.T. (9 ed), **Reproduction in Domestic animals**. New York: Academic press, p.313-353, 1969.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v,34, p,786 - 795, 2005.

GARNERO, A.V.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos de características alternativas na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1999. p.162.

GARNERO, A.D.V.; MARCONDES, C.R.; GUNSKI, R.J.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Genetic trends in the expected progeny difference of the asymptotic weight of Nelore females. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, p,648-652, 2006.

GBANGBOCHE, A. B.; ALKOIRET, T. I.; TOUKOUROU, Y.; KAGBO, A.; MENSAH, G. A. Growth curves for different body traits of Lagune cattle. **Journal of Animal Science**, v. 5, p. 17- 24, 2011.

GODFREY, R.W.; LUNSTRA, D.D.; JENKINS, T.G.; BERARDINELLI, J.G.; NEUENDORFF, C.R.; LONG, C.R.; RANDEL, R.D. Effect of location and season on body and testicular growth in Brahman and Hereford bulls. **Journal Animal Science**, v.68, p. 1520-1529, 1990.

GÓMEZ, D.A.A.; MUÑOZ, M.F.C.; BETANCUR, L.F.R. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v. 21, p. 39-58, 2008.

GOONEWARDENE, L.A.; BERG, R.T.; HARDIN, R.T. A growth study of beef cattle. Canadian, **Journal Animal, Science**, v. 61, p.1041-1048, 1981.

GUIMARÃES, J.D.; GUIMARÃES, S.E.F.; SIQUEIRA, J.B.; PINHO, R.O.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.; SILVA, M,R.; BORGES, J,C. Seleção e manejo reprodutivo de touros zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.379-388, 2011.

GRESSLER, S.L., BERGMANN, J.A.G., PEREIRA, C.S., PENNA, V.M., PEREIRA, J.C.C., GRESSLER, M.G.M. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas da fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 427-437, 2000.

HAHN, J.; FOOTE, R.H.; SEIDEL, Jr, G.E. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. **Journal Animal Science**. v.29, p. 41 – 47, 1969.

HENRY, M.; BRITO, M.F.; LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; DE OLIVEIRA, C.H.S.; GIBSON, A.F.B.; NEVES, B.P.; ANDRADE, G.O.; MELO, I.O.; BASTIANETTO, E. Scrotal circumference growth curves of Buffalo bulls of different breeds raised in Brazil. **Buffalo Bulletin**, v.,32, p. 439-442, 2013.

IGBOELI, G.; RAKHA, A.M. Gonadal and extra gonadal sperm reserves of indigenous central African bulls. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.25, p.107-109, 1971.

KAPS, M.; HERRING, W.O.; LAMBERSON, W.R. Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. **Journal Animal, Science**, v.78, p.1436-1442, 2000.

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

LAIRD, A. K. Dynamics of relative growth. Bar Harbor, v. 29, p. 249-263. 1966.

LIMA, F.P.C.; XAVIER, P.R.; BERGMANN, J.A.G.; MARQUES JUNIOR, A.P. Perímetro escrotal e características seminais de touros da raça Nelore selecionados para precocidade sexual. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.65, p.1603-1608, 2013.

LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORAL, F.L.B.; OSORIO, J.P.; CARMO, A.S.; MENDOÇA, L.F.; MOUSTACAS, V.S.; HENRY, M. Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. **Theriogenology**, v. 79, p. 751–759, 2013.

LÔBO, R.B. **Programa de melhoramento genético da raça Nelore**. 3 ed. Ribeirão Preto. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP. 88p. (1996).

LOPES, F.B.; SILVA, M.C.; MARQUES, E.G.; FERREIRA, J.L. Ajustes de curvas de crescimento em bovinos Nelore da região Norte do Brasil. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 12, p. 607-617. 2011.

MARTIN, L.C.; BRINKS, J.C.; BOURDON, R.M.; CUNDIFF, L.V. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v.70, p.4006-4014, 1992.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle (short communication). **Revista Brasileira de Genética**, v.14, p.209-212, 1991

MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; SOUZA, J.C.; WECHSLER, F.S.; ELER, J.P.; AZEVÊDO, D.M.M.R.; SERENO, J.R.B. Modelos no lineales para describer el crecimiento de bufalinos da la raza Murrah. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p. 497-503. 2008.

MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; AZEVEDO, D.M.M.R.; MELLO, P.R.A.; PEREIRA, D.G.; SOUZA, J.C.; MARTINS FILHO, R. Modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento de bovinos da raça Nelore no estado da Bahia: 1, Efeito ambiental. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 10, p. 821-829. 2009.

MARTIN NIETO, L.; SILVA, L.O.C.; ROSA, A.N.; GONDO, A. Análise da curva de crescimento da circunferência escrotal de touros da raça Canchim e do grupo genético MA. **Archives of Veterinary Science**, v. 8, p. 75-79. 2003.

MAZUCHELI, J. e ACHCAR, J.A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum**. v. 24, p. 1761-1770, 2002.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C.; MIRANDA, R.M.; MORENO-BERNAL, F.E.; SANTOS, N.R. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1207-1212. 2003.

MENEGASSI, J.J.; BARCELLOS, V.; PERIPOLLI, P.R.R.X.; BORGES, J.B.S.; LAMPERT, V.N. Measurement of scrotal circumference in beef bulls in Rio Grande do Sul. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.63, p.87-93, 2011

MOHD, H.A.W.; MOHAMAD, H.R.; IZUAN, B.A.J.; ARIFF, O.M. Describing growth pattern of Brahmas cows using non-linear regression models. **Journal Animal Science**, v. 18, p. 37-45. 2015.

MORAES, G.P. **Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi-extensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG**. 2012. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2012.

NELDER, J.A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, v. 17, p. 89-110. 1961.

NEŠETŘILOVÁ, H. Multiphasic growth models for cattle. **Journal Animal Science**, v. 50, p. 347–354. 2005.

NEVES, A.L.A. **Biometria e morfologia testicular em bovinos da raça nelore criados a pasto**. Bahia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2007, 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2007, Itapetinga-BA, 2007.

NEVES, A.L.A.; DELREI, A.J.; SANTOS, M.P. Crescimento testicular de touros da raça Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23. 2011.

NIETO, L.; SILVA, L.O.C.; GONDO, A. Análise da curva de crescimento do perímetro escrotal de touros Canchim em diferentes sistemas de criação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 9, p. 99–103. 2006.

OHL, M.W.; OTTO, R.S.; FAULKNER, D.B.; HORNBUCKLE, T.II.; CMARIK, G.F.; ZINN, G.M. Effects of rate of gain on scrotal circumference and histopathologic features of the testes of half-sibling yearling beef bulls. **American Journal of Veterinary**, v. 57, p.844-7, 1996.

OSORIO, J.P.; MARC, H.; BERGMANN, J.A.G.; CARMO, A.S; SOUZA, F.A. Desenvolvimento testicular e puberdade em machos da raça Guzerá da desmama aos 36 meses de idade criados no cerrado mineiro. **Revista de Medicina Veterinária**, v..24, p. 9-24, 2012.

OLIVEIRA, M.M.; ROTA, E.L.; DIONELLO, N.J.; AITA, M.F. Herdabilidade e correlações genéticas do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto com características produtivas em bovinos de corte: revisão. **Revista Brasileira Agrociência**, v.13, p.141-146, 2007.

PARMA, L.S.; GARNERO, A.V.; GUNSKY, R.J.; OLIVEIRA, H.N.; OLIVEIRA, L.M. LOBOS, R.B. Caracterización del crecimiento testicular em vacuno Nelore. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 105-108. 2006.

PEREIRA, M.A.; MENEZES, M.L.; OLIVEIRA, V.S.; GUIMARÃES, J.C.T.; SANTOS, A.D.F. Comparação de modelos não lineares para descrever o crescimento de fêmeas leiteiras mestiças taurino x zebu no nordeste do Brasil. **Boletim de Industria Animal**, v. 73, p. 228-235. 2016.

PEÑA, C.D.O.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimación de fatores de correção do Perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1667-1675, 2000

PINTO, P.A. **O perímetro escrotal como critério de seleção em bovinos Nelore (Bos taurus indicus)**. São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 1994, 55p. Tese (Doutorado em Veterinária), Programa de Pós-Graduação em Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-SP, Universidade de São Paulo-USP, 1994.

POSADA, S.L.; NOGUERA, R.R. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 20, p. 141–148. 2007.

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G. Heritability of scrotal circumference adjusted and unadjusted for body weight in nellore bulls, using univariate and bivariate animal models. **Theriogenology**, v. 49, p. 1389-1396, 1998.

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V. J.; REIS, S.R.; MENDONÇA, R.; FONSECA, C.G. Estudo da variabilidade genética de características reprodutivas em touros da raça Nelore. **Arquivo Latinoamericano de Produção Animal**, v.7, p.63-74, 1999a.

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; PEREIRA, J.C.C. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nellore bulls. **Theriogenology**, v. 52, p. 25–34. 1999b.

QUIRINO, C.R.; TEIXEIRAS, C.S.; DE OLIVEIRA, D.A.A.; KUABARA, M.Y. Avaliação do perímetro escrotal em touros da raça Marchigiana normais e com musculatura dupla. **Anais. Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**, 5. p.1-3. 2004.

REKWOT, P.I.; OYEDIPE, E.; AKEREJOBA, O.O.; KUMI-DIAKA, J. The effect of protein intake on body weight, scrotal circumference and semen production of Bunaji bulls and their Friesian cross in Nigeria. **Animal Reproduction Science**. v.16, p.1-9, 1988.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, p.290–300, 1959.

RONDON, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; SAKAGUTI, E.S. Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, p. 199-207. 2002.

SALEM, M.M.I.; EL-HEDAINY.; DALIA, K.A.; LATIF, M.G.A.; MAHDY, A.E. Comparison of Non-Linear growth models to describe the growth curves in fattening Friesian

Crossbred and Buffalo male calves. **Alexandria Journal of Agricultural Research**, v. 58, p. 273-277. 2013.

SANTOS, M.D.; TORRES, C.A.A.; GUIMARÃES, J.D.; PEREIRA, J.; MACHADO, G.V. Sêmen e circunferência escrotal de touros zebu alimentados com dois níveis de concentrado e lipídeos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.627-632, 1998.

SANTOS, K.J.G.; MELO, C.S.; PALES, A.P. Seleção de touros através da puberdade, maturidade e fatores envolvidos na fertilidade. **Revista Eletrônica da Faculdade de Montes Belos**, v.1, p.72-87, 2005.

SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435-442. 2006.

SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, A.I.G. Influência de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 1195-1205. 2001.

SILVA, A.E.D.F. Seleção de Touros: puberdade, maturidade e fatores envolvidos na fertilidade. In. MARGOR, A.N. **Curso de Andrologia**. DODE... [et al.] Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.98-127, 2002a.

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, p.1157-1165, 2002b.

SIQUEIRA, J.B. **Maturidade sexual de touros da raça nelore, filhos de vacas superprecoces, precoces e normais, criados em condições extensivas**. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, 2009, 160p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Botucatu, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, J.D.; PINHO, R.O. Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.37, p.3-13, 2013.

SARREIRO, L.C.; BERGMANNM, J.A.G.; QUIRINO, C.R.; PINEDA, N.R.; FERREIRA, V.C.P.; SILVA, M.A. Herdabilidade e correlações genéticas entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54. 2002.

SOUZA, L.A.; CAIRES, D.N.; CARNEIRO, P.L.S. et al. Curvas de crescimento em bovinos da raça Indubrasil criados no Estado do Sergipe. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 671-676. 2010.

TANAKA, M. A new growth curve wich express infinite increase. Publications of the Amakusa Marine Biological Laboratory, v.6, p. 167-177, 1982.

TATMAN, S.R.; NEUENDORFF, D.A.; WILSON, T.W.; RANDEL, R.D. Influence of season of birth on growth and reproductive development of Brahman bulls. **Theriogenology**, v. 62, p. 93–102. 2004.

THORNLEY, J.H.M.; FRANCE, J. An open-ended logistic-based growth function. **Ecological Modelling**, v. 184, p. 257–261. 2005.

THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2261-2269. 2009.

ULUTAS, Z.; SEZER, M.; AKSOY, Y.; SIRIN, E.; SEN, U.; KURAN, M.; AKBAS, Y. The effect of birth types on growth curve parameters of Karayaka lamb. **Journal of Animal and Veterinary**, v. 9, p. 1384–1388. 2010.

UNANIAM, M.M. A procura de marcadores de precocidade em gado Nelore. In: O NELORE DO SÉCULO XXI. NELORE PRECOCE: SELEÇÃO, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO, 4, 1997, Uberaba-MG. Anais... ABCZ-ABCN: Uberaba, p.51-57, 1997.

VALENTIM, R.; ARRUDA, R.P.; ALENCAR, M.M.; BARNABE, R.C. Biometria testicular de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) e touros cruzados Nelore-europeu (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus taurus*) aos 20 e 24 meses de idade. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, p. 113-120, 2002.

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

WILLETT, E.L.; OHMS, J.I. measurement of testicular size and its relation to production of spermatozoa by bulls. **Journal Dairy Science**, v. 40, p. 1559 – 1569, 1957.

YIN, X.; GOUDRIAAN, J.; LANTINGA, E.A.; JAN, V.; HUUB, J.S. A flexible sigmoid function of determinate growth. **Annals of Botany**, v. 91, p. 316 – 371, 2003.

4. CAPITULO I. DESENVOLVIMENTO PONDERAL E BIOMETRIA TESTICULAR EM BOVINOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES DIETAS

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento testicular e biometria testicular *in vivo* e *post-mortem* em bovinos de raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com diferentes dietas (Silagem de cana de açúcar/bagaço de cana, cana de açúcar *in natura* e silagem de milho) criados em confinamento imediatamente após a desmama (8 meses de idade) até o término da fase de terminação (15 meses). Foram utilizados 112 tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus (subdivididos em três experimentos) com idade média entre oito a nove meses e peso corporal de 230 a 270 kg. Este

estudo foi conduzido em três experimentos. Nos experimentos 1 e 2, o manejo dos animais foi conduzido em seis baias coletivas, e no experimento 3 o manejo dos animais foi conduzido em baias individuais. Nas duas primeiras fases experimentais, o manejo foi em baias equipadas com sistema de porteiros eletrônicas (tipo Calan Gate) que permitiam acesso ao cocho individualmente. Em todas as baias a água foi fornecida *ad libitum*. As mensurações testiculares perímetro escrotal (PE), comprimento testicular esquerdo (CTE), comprimento testicular direito (CTD), largura testicular esquerda (LTE) e largura testicular direita (LTD) de todos os animais foram realizadas em intervalo de 28 dias durante todo o período experimental e após o abate. Após a obtenção das gônadas, foram coletados dois fragmentos testiculares por animal e acondicionados em solução fixadora de Bouin por 18 horas, os fragmentos foram transferidos e acondicionados em álcool 70 %. Posteriormente, os fragmentos testiculares foram submetidos ao processo de desidratação em soluções alcoólicas em concentrações crescentes e sucessivas por 60 minutos cada. Após a desidratação, os fragmentos foram embebidos em xilol e incluídos em parafina. Posteriormente, com auxílio de um micrótomo, realizou-se os cortes dos fragmentos com 5 μ m de espessura e montados em lâminas histológicas, procedeu-se a coloração com hematoxilina / eosina e as lâminas montadas com Entellan. No Experimento I, durante a fase de crescimento dos tourinhos alimentados com silagem de cana de açúcar, verificou-se que houve diferença dos valores médios do peso corporal dos animais do tratamento de alto desempenho na fase de crescimento em relação aos valores obtidos no tratamento com baixo desempenho ($p < 0,05$), e na fase de terminação, utilizando bagaço de cana de açúcar, os valores médios para peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* dos animais não apresentaram diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Analisando o diâmetro tubular e altura do epitélio seminífero na fase de crescimento, não se verificou diferença entre os valores médios dos tratamentos ($p > 0,05$), porém, ao comparar as fases de crescimento e fase de terminação verificou-se que os valores médios dos diâmetros dos túbulos seminíferos foram maiores ($p < 0,05$) na fase de terminação. Os valores médios da altura de epitélio seminífero dos animais no tratamento de baixo desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (BA), foram maiores quando comparados aos valores apresentados pelos tourinhos em fase de crescimento ($p < 0,05$). Houve diferença no peso corporal do tratamento de alto desempenho na fase de crescimento em relação aos demais tratamentos. Não houve diferença dos valores médios para perímetro escrotal na idade de 10 – 11 meses para os tourinhos da raça Nelore nos tratamentos de alto desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (AA) e

médio desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na fase de terminação (MA) ($p>0,05$). O tratamento BA diferiu do tratamento AA na mesma idade ($p<0,05$). Na fase de terminação houve diferença significativa aos 16 – 17 meses de idade em relação aos demais tratamentos ($p<0,05$). No experimento II, não houve diferença entre peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* ($p>0,05$). Com relação aos diâmetros dos túbulos e altura dos epitélios seminíferos não houve diferença entre as médias obtidas nos diferentes tratamentos ($p>0,05$). Houve diferença para peso corporal no tratamento dieta convencional para suprir 100 % das exigências de Ca e P, mas sem adição do premix micromineral (B) quando comparados com o tratamento dieta convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico (C) nas idades de 11 – 12 e acima de 13 meses de idade ($p<0,05$). Houve diferença do perímetro escrotal dos tourinhos da raça Nelore acima dos 13 meses de idade em relação aos 9 – 10 e 11 – 12 meses de idade do tratamento dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais (A), C e dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral (D) ($p<0,05$). No experimento III, os animais do tratamento com 14 %PB apresentaram maiores valores médios do peso corporal em relação aos animais dos tratamentos com 10% de PB e aos de manutenção com 12% de PB ($p<0,05$). Porém os valores médios obtidos dos animais do tratamento com 12% de PB não se mostraram diferentes ao valor médio dos animais do tratamento com 14% de PB, e os valores médios dos tratamentos com 10 e 12% de PB não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$). Os valores médios obtidos para biometrias testiculares *post-mortem* nos animais dos tratamentos com 10, 12 e 14% de PB foram superiores aos valores obtidos para os animais do tratamento de manutenção com 12% de PB ($p<0,05$). Houve interação significativa do peso corporal com faixa etária. Os pesos corporais dos animais da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus nos tratamentos 10, 12 e 14% de PB foram maiores quando comparados com os tourinhos do tratamento de manutenção. Os valores médios para grau de sangue e peso corporal nos tratamentos 12 e 14 % de proteína bruta para os tourinhos da raça Nelore não diferiram ($p>0,05$). A interação da faixa etária com a raça para peso corporal diferiram para os tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus aos 14 e 16 meses de idade, quando comparados aos demais faixas etária. O perímetro escrotal dos tratamentos 10, 12, 14% de PB e de manutenção não diferiram quando avaliados pela faixa etária ($p>0,05$). A faixa etária dos 14 – 16 meses de idade dos tratamentos 12, 14% de PB e manutenção diferiram quando comparados com as outras faixas etárias ($p<0,05$). Porém, não se observou diferença do índice gonadossomático obtido para os

animais nos diferentes tratamentos ($p > 0,05$). Analisando o efeito dos grupamentos genéticos, os valores obtidos para peso corporal, comprimento do testículo esquerdo, largura do testículo esquerdo, volume testicular esquerdo, comprimento do testículo direito, largura do testículo direito e volume testicular foram superiores para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus em comparação aos tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Outras características *post-mortem* como volume testicular direito, peso testicular com e sem epidídimo não se mostraram diferentes entre os grupamentos genéticos ($p > 0,05$). O diâmetro dos túbulos seminíferos e altura de epitélio seminífero foram maiores em animais alimentados com 14% de PB ($p < 0,05$). No entanto, não houve diferença ($p > 0,05$) dos valores médios obtidos nos animais dos tratamentos com 10, 14% de PB e a alimentação de manutenção (12 % de PB). Houve interação dos grupos genéticos com peso corporal. Os valores médios para peso corporal dos animais nos tratamentos com 10 e 12% de PB foram maiores nos animais mestiços Nelore x Aberdeen Angus que as obtidas para tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Quando comparados a concentração de proteína bruta em relação ao peso corporal dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, os valores médios obtidos foram maiores para os animais dos tratamentos com 10, 12 e 14 % de PB que aos registrados para os animais do tratamento de manutenção com 12 % de PB ($p < 0,05$). O índice gonadossomático para os animais do tratamento de manutenção com 12 % de PB foi maior para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus que os índices obtidos para os animais da raça Nelore ($p < 0,05$).

Palavras-chave: crescimento testicular, dieta, espermatogênese, histologia.

Introdução

Apesar do grande potencial da pecuária brasileira, vários estudos têm observado avançada idade em que os touros zebuínos alcançam a puberdade, quando comparados com os touros taurinos criados em sistema extensivo em países tropicais. Apesar disso, os taurinos mostram-se tardios em relação aos criados nas condições dos países de clima temperado. Porém, quando os zebuínos são criados em sistemas semi-intensivos ou intensivos, a idade a puberdade se mostra próxima dos touros taurinos criados nas mesmas condições de manejo, tanto em climas temperados como tropicais (GUIMARÃES et al., 2011).

Devido ao fato de existir grande variabilidade na performance reprodutiva e produtiva dos touros, há grande necessidade de selecionar animais geneticamente superiores com

precocidade sexual e fertilidade. Os estudos com objetivo de aprimorar a performance reprodutiva destes animais tornam-se fundamentais e necessários em rebanhos multiplicadores de genética, onde se deve fazer maior pressão de seleção. Entretanto, o desenvolvimento e a performance reprodutiva dos reprodutores dependem principalmente do aprimoramento de técnicas de manejo, nutrição e seleção dos futuros reprodutores, tornando-se fundamental o conhecimento da fisiologia do desenvolvimento testicular (início da espermatogênese) e ponderal, como a precocidade sexual e a capacidade de produção espermática. Filhas de touros com maior perímetro escrotal (PE) são mais precoces e possuem melhores índices de fertilidade quando comparados de touros de menor PE (MARTINS FILHO & LÔBO, 1991; MARTIN et al., 1992; SIQUEIRA, 2009; GUIMARÃES, et al., 2011), indicando a mensuração do PE como o principal parâmetro de avaliação de precocidade sexual nos machos. Estudos também têm mostrado interações das medidas testiculares com peso corporal em touros da raça Nelore, de modo que o PE tem sido utilizado em programas de seleção para precocidade sexual (GARNERO et al., 1999).

Portanto, há necessidade de informações mais detalhadas, principalmente nas raças zebuínas, quanto à precocidade sexual sobre características de desenvolvimento testiculares em touros jovens, criados em manejos intensivos. Neste sentido, este estudo foi conduzido com a finalidade de avaliar o desenvolvimento testicular e ponderal em tourinhos da raça Nelore e mestiço Nelore x Aberdeen Angus alimentados com diferentes dietas, criados em manejo intensivo da desmama a terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pela Comissão de Ética para o Uso de Animais - CEUA/UFV, processo 04/2016 sob a responsabilidade do Médico Veterinário José Domingos Guimarães, CRMV-MG 5379, estando de acordo com as Normas de Conduta para o Uso de Animais no Ensino, Pesquisa e Extensão da UFV.

Experimento I

Local, Animais e período experimental

O experimento foi conduzido no confinamento de animais do Laboratório de Produção Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) localizado, 660 metros de altitude, no

município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, altitude de 660 metros, 20°, 45', 16,3" latitude sul 42°, 52', 57,02", e longitude Oeste de Greenwinh, temperatura média anual de 20,9°C e a parte laboratorial foi conduzida no Laboratório de Histopatologia do Departamento de Veterinária (DVT) e no Laboratório de Biologia Molecular Sistemática (BEAGLE) do Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

No confinamento experimental foram utilizadas seis baias coletivas, sendo cada uma capaz de comportar até seis animais. Todas as baias foram equipadas com sistema de porteiros eletrônicas individuais (tipo Calan Gate) que dava acesso ao cocho para o respectivo animal. As baias possuíam piso concretado com área de 45 m²/baia, disponibilizando uma área de 7,5 m²/animal, sendo 12 m² de área coberta na região do cocho. Em cada baia havia um bebedouro que fornecia água *ad libitum*. Todos os animais permaneceram no confinamento durante a fase experimental.

Foram utilizados 34 tourinhos (*Bos taurus indicus*) da raça Nelore, com idades entre 8 meses (início do experimento) até 16 meses (final do experimento). Os animais foram criados a pasto com sistema de suplementação durante a fase de cria (*Creep-feeding*), juntos com as matrizes até o desmame (oito meses de idade), que possibilitou os animais ganharem em torno de 0,850 kg de peso vivo por dia durante a fase de cria, com idade média de oito meses e peso vivo médio inicial de 230,4±5,6 kg. Os animais foram encaminhados para o confinamento logo após a desmama (Tabela 1).

Tabela 1: Tratamentos e fase de crescimento e fase de terminação dos tourinhos da raça Nelore

Tratamentos	Fase de crescimento	Fase de terminação
AA	12 animais	6 animais
MA	12 animais	6 animais
BA	10 animais	5 animais

AA: alto desempenho nas fases de crescimento e terminação; MA: médio desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na terminação e BA: baixo desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na terminação.

O experimento teve duração de 257 dias (8,5 meses), sendo divididos em período de adaptação inicial (24 dias), fase de crescimento (90 dias), fase de transição (21 dias para os tratamentos de médio desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na terminação

(MA) e de alto desempenho nas fases de crescimento e terminação (AA) e 31 dias de transição para o tratamento de baixo desempenho na fase de crescimento e alto desempenho na terminação (BA) e fase de terminação (112 dias).

Durante os 24 primeiros dias do experimento, que antecederam a fase de crescimento, os animais foram adaptados às dietas e condições experimentais. Neste período todos os animais receberam a mesma dieta com relação de 50:50 (volumoso:concentrado). Nesta ocasião os animais foram vermifugados.

Após os 24 dias iniciais de adaptação, os 34 animais foram pesados após 14 horas de jejum e distribuídos aleatoriamente em cada tratamento.

A fase de crescimento teve duração de 90 dias, ao final desta fase seis animais dos tratamentos AA e MA e cinco animais do tratamento BA foram aleatoriamente selecionados para serem abatidos e os restantes seguiram para a fase de transição. Durante a fase de transição, os animais dos tratamentos MA e AA tiveram suas respectivas dietas da fase de crescimento substituídas gradativamente pela dieta da fase de terminação para adaptação dos animais à nova dieta, para tanto, foi substituído 15 % da MS da dieta da fase de crescimento pela dieta da terminação, a cada três dias. Os animais do tratamento BA receberam inicialmente a mesma dieta do tratamento MA *ad libitum* por dez dias. Posteriormente a dieta foi substituída gradativamente pela dieta de terminação da mesma maneira dos demais tratamentos.

A fase de terminação teve duração de 112 dias. Ao final desta fase todos os animais restantes foram abatidos.

Tratamentos e Dietas Experimentais

Para a fase de crescimento, o ganho médio diário (GMD) foi de 0, 0,6 e 1,2 kg/dia para os tratamentos BA, MA e AA, respectivamente. Para a fase de terminação, foi formulada dieta com o intuito de obter GMD de 1,5 kg/dia em todos os tratamentos. Todas as dietas foram formuladas segundo as exigências preditas pelo BR-CORTE (VALADARES FILHO et al., 2010). Para a fase de crescimento foi utilizado como único volumoso a silagem de cana de açúcar com 0,5 % de cal (base da matéria natural) como aditivo químico. Para a fase de terminação, foi utilizado o bagaço de cana *in natura* como volumoso. As composições das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2. O milho fornecido durante a fase de crescimento foi moído finamente utilizando peneira de 1 mm, enquanto que durante a fase de terminação foi moído grosseiramente utilizando peneira de 6 mm. Durante a fase de crescimento foram fornecidos para os animais do tratamento BA, 1,2 % do peso vivo em MS

da respectiva dieta, enquanto para os animais dos demais tratamentos, as dietas foram fornecidas *ad libitum*, utilizando manejo de cocho limpo, onde se preconiza manter o cocho com mínimo de sobras, porém não totalmente limpo pelo animal, desta forma, as sobras somente foram retiradas quando eram excessivas, como descrito por Lawrence (2000). Este mesmo manejo de cocho foi utilizado durante a fase de terminação, onde os animais de todos os tratamentos receberam a mesma dieta. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo cerca de 60 % às 7 h e 30 min e o restante às 14 h.

Tabela 2: Proporção dos ingredientes e composição química e bromatológica das dietas experimentais fornecidas a animais jovens da raça Nelore, manejados em confinamento.

Itens	Fase de crescimento			Terminação
	BA	MA	AA	
<i>Ingredientes (% MS)</i>				
Bagaço de Cana	-	-	-	16,13
Silagem de Cana ¹	80,68	60,23	36,94	-
Milho	8,42	22,58	44,63	57,73
Farelo de Soja	5,54	12,90	14,24	10,42
Algodão Caroço	-	-	-	11,68
Uréia	2,06	1,10	1,07	1,00

Fosfato Bicálcico	0,30	0,12	-	-
Núcleo Mineral ²	3,00	3,05	3,12	3,04
<i>Composição química</i>				
<i>(g/kg de MN)</i>				
MS (g/kg MS)	387,49	512,15	654,82	849,35
MO	973,04	961,15	969,65	977,64
PB	130,15	146,97	164,82	167,82
EE	21,25	27,91	36,70	38,88
FDNc	467,45	386,81	295,45	275,57
CNFc	354,19	399,46	472,66	495,35

¹Silagem de cana de açúcar com 0,5 % de cal, com base na matéria natural.

²Composição por kg: 150 g de Ca, 17 g de P, 23 g de S, 45 g de K, 14 g de Mg, 57 g de Na, 360 mg de Cu, 21,6 mg de Co, 415 mg de Fe, 21 mg de I, 715 mg de Mn, 6 mg de Se, 397g PB (NNP) e 714 mg de Monensina Sódica.

Abates dos animais

No decorrer do experimento foram realizados dois abates, o primeiro abate foi realizado ao final da fase de crescimento onde foram abatidos cinco animais do tratamento BA e seis animais dos tratamentos MA e AA, o restante foi abatido ao final da fase de terminação.

O abate foi conduzido conforme Instrução Normativa N° 3 de 13/01/2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue).

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o software SAS (SAS, 2002).

As mensurações de PE e peso corporal foram agrupadas por faixa etária, divididas em fase de crescimento 8-9, 10-11 e 12-13 meses de idade, e na fase de terminação 12-13, 14-15 e 16-17 meses de idade e analisadas por ANOVA (*GLM Procedure*) de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + (TE)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; E_j = efeito da faixa etária; $(TE)_{ij}$ = interação; e_{ij} = erro aleatório.

Para comparação das médias (*LSMEANS*) foi utilizado o método de Tukey-Kramer.

Os dados referentes à biometria *post-mortem* foram analisados por ANOVA, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; e_{ij} = erro aleatório.

As comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey.

Os dados de espessura de epitélio seminífero e diâmetro dos túbulos seminíferos foram avaliados de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + (TA)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; A_j = efeito da fase de abate (crescimento e terminação); $(TA)_{ij}$ = interação; e_{ijk} = erro aleatório.

Para comparação das médias (*LSMEANS*) foi utilizado o método de Tukey-Kramer.

O nível de significância adotado foi $\alpha = 0.05$.

Experimento II

Local, animais e período experimental

O experimento foi conduzido o mesmo local do experimento I, sendo utilizados 38 tourinhos da raça Nelore, com peso corporal médio de 273,1±36,9 kg e idade média de 9±0,6 meses (início do experimento) até 15 meses (final do experimento). Os animais foram criados com o mesmo manejo e sistema de suplementação durante a fase de cria (*Creep-feeding*) do experimento I, que possibilitou ganho médio diário de 0,900 kg de peso vivo durante a fase da cria. Os animais foram encaminhados para o confinamento logo após à desmama.

Durante o período de adaptação inicial (21 dias) (período de desmama) os animais foram adaptados às dietas e condições experimentais (Tabela 3). Neste período todos os animais receberam a mesma dieta com relação de 40/60 % (volumoso: concentrado). Os animais foram inicialmente pesados, identificados e vermifugados.

Os animais foram aleatoriamente designados ao grupo manutenção (três animais), alimentados com intuito de manutenção (1,3 % do peso corporal) e os 35 animais restantes foram mantidos em sistema de alimentação *ad libitum*. O experimento foi delineado de forma inteiramente casualizada, com quatro concentrações de minerais:

A – Dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais; 8 animais no sistema de alimentação *ad libitum* e 1 animal em manutenção;

B – Dieta convencional para suprir 100 % das exigências de Ca e P, mas sem adição do premix micromineral; 8 animais no sistema de alimentação *ad libitum* e 1 animal em manutenção;

C – Dieta convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico; 10 animais no sistema de alimentação *ad libitum* e 1 animal em manutenção;

D – Dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, 9 animais no sistema de alimentação *ad libitum*.

Tabela 3: Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Itens ¹	Cana de Açúcar	Milho	Farelo de Soja	Casca de Soja	Uréia/ AS (g/kg)	Calcário	Fosfato Bicálcico	Sal comum	Bicarbonato de Sódio	Óxido de Magnésio
MS	272,5	847,9	882,6	884,0	978,4	1000,0	955,7	970,2	955,7	983,2
MO	971,2	986,0	927,5	948,8	995,7	-	-	-	-	-
PB	22,6	94,9	502,7	166,4	2731,5	-	-	-	-	-
EE	19,5	31,8	30,0	21,5	-	-	-	-	-	-
FDN _c	445,2	126,3	126,0	536,8	-	-	-	-	-	-
P	483,9	733,0	268,9	224,1	-	-	-	-	-	-
CNF	483,9	733,0	268,9	224,1	-	-	-	-	-	-
FDN _i	267,7	35,5	21,1	54,5	-	-	-	-	-	-
Ca	1,7	35,5	3,1	4,2	-	337,9	229,0	-	0,8	5,8
P	0,3	0,3	6,1	1,7	-	-	198,9	-	-	-
Mg	2,8	2,3	4,9	3,8	-	8,1	28,6	-	7,3	476,4
Na	0,2	2,1	0,4	0,3	-	1,6	1,3	391,0	273,8	0,3
K	4,1	0,1	18,6	9,7	-	-	0,8	0,6	-	-
					Ppm					
Co	0,54	0,6	0,2	-	-	-	-	-	-	-

Cu	10,0	1,0	16,0	6,0	-	-	-	-	-	-
Mn	87,0	17,0	41,0	17,0	-	-	-	-	-	-
Zn	10,0	20,0	60,0	80,0	-	-	-	-	-	-

¹MS= matéria seca, MO= matéria orgânica, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF= carboidratos não fibrosos, Ca= cálcio, P=fósforo, Mg= magnésio, Na= sódio, K= potássio, Co= cobalto, Cu=cobre, Mn= manganês, Zn= zinco detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF= carboidratos não fibrosos, Ca= cálcio, P= fósforo, Mg= magnésio, Na= sódio, K= potássio, Co= cobalto, Cu=cobre, Mn= manganês, Zn= zinco

As rações foram isonitrogenadas (13,3 % de proteína bruta) e foram formuladas de acordo com o BR-CORTE (2010) para ganho médio diário de 1,25 kg, variando apenas as concentrações de cálcio, fósforo e microminerais para constituir os fatores do experimento. A cana de açúcar foi o volumoso da dieta e os concentrados à base de fubá de milho, casca de soja, farelo de soja, ureia/sulfato de amônio, sal comum, calcário calcítico, fosfato bicálcico, bicarbonato de sódio/óxido de magnésio e mistura micromineral. A relação volumoso:concentrado foi de 40:60 %, com base na matéria seca (MS).

Analises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o software SAS (SAS, 2002).

As mensurações de PE e peso corporal foram agrupadas por faixa etária, divididas em 9-10, 11-12 e acima de 13 meses de idade, e analisadas por ANOVA (*GLM Procedure*) de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + (TE)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; E_j = efeito da faixa etária; $(TE)_{ij}$ = interação; e_{ij} = erro aleatório.

Para comparação das médias (*LSMEANS*) foi utilizado o método de Tukey-Kramer.

Os dados referentes à biometria *post-mortem* e as avaliações histológicas foram analisadas por ANOVA, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; e_{ij} = erro aleatório.

As comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey.

O nível de significância adotado foi $\alpha = 0.05$.

Experimento III

Local, animais e período experimental

O experimento foi conduzido no mesmo local dos experimentos I e II. Entretanto, os animais foram confinados em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouros e bebedouros de concreto, com área total de 30 m², sendo 8 m² cobertos.

Foram utilizados 40 tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, com peso corporal médio de 213,0±26,0 kg e idade média de oito meses. O ganho médio diário (GMD) durante a fase da cria foi 0,750 kg/dia. Os animais foram inicialmente pesados, identificados e vermifugados. Os animais foram subdivididos em 10 animais no tratamento de 10 % PB; 12 animais no tratamento de 12 % PB; 10 animais no tratamento de 14 % de PB e 8 animais no tratamento de manutenção com 12 % PB.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos de concentrações de 10, 12 e 14% de proteína bruta e no tratamento de manutenção com 12 % PB. A silagem de milho foi o volumoso da dieta e os concentrados à base de fubá de milho, farelo de trigo, farelo de soja, ureia-sulfato de amônia, mistura mineral, bicarbonato, óxido de magnésio (tabela 4).

Tabela 4: Porcentagem dos ingredientes e composição química e bromatológica das dietas experimentais fornecidas a animais da raça Nelore e Nelore x Aberdeen Angus manejados em confinamento

Itens	DIETAS		
	10%	12%	14%
SM	50,00	50,00	50,00
Milho	39,70	39,63	39,56
F. Trigo	5,95	2,97	0,00
F. Soja	1,84	4,39	6,92
U/S.A	0,37	0,88	1,39
Mistura Mineral	1,02	1,01	0,83
Bicarbonato	0,84	0,84	0,84

Óxido de Mg	0,28	0,28	0,28
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Exame externo e Mensurações testiculares

O exame externo e mensurações testiculares foram realizados com intervalo de 28 dias, os tourinhos foram submetidos a biometrias testiculares (perímetro escrotal, comprimento e largura testicular). Cada tourinho passou por uma avaliação externa, onde foram examinados por meio da inspeção e palpação do escroto, testículos, epidídimos e cordões espermáticos.

Para a biometria testicular *in vivo* adotou-se mensurar perímetro escrotal (PE), comprimento e largura testicular. As mensurações testiculares foram obtidas após contenção individual dos animais em tronco apropriado. Foi mensurado o perímetro escrotal (PE) com auxílio de fita métrica no ponto de maior dimensão, envolvendo as duas gônadas e a pele escrotal. As medidas de comprimento e largura do testículo esquerdo (CTE, LTE) e direito (CTD, LTD) foram obtidas com auxílio do paquímetro, incluindo a cabeça do epidídimo e excluindo-se a cauda do epidídimo. Adicionalmente, os testículos foram avaliados quanto à sua consistência testicular (CT), aplicando-se pontuação de 1 a 5, sendo: 1= tensa; 2 = tensa elástica; 3= ligeiramente flácido, 4= flácido e 5= muito flácido (SIQUEIRA, 2009).

Biometria testicular post-mortem

Foram realizadas as biometrias testiculares da seguinte forma: primeiramente, os testículos foram dissecados, de maneira a separar as túnicas vaginais. Com auxílio de uma balança digital, as gônadas foram pesadas completas e, após dissecação, com a separação total dos epidídimos, foram pesadas novamente. Com auxílio de um paquímetro, foram obtidos o comprimento testicular (sentido longitudinal da gônada) e largura testicular (sentido médio-lateral do testículo). Posteriormente com auxílio de lâmina de bisturi e tesoura de dissecação foi realizada uma incisão transversal na albugínea e parênquima testicular, obtendo-se dois fragmentos testiculares (1,5 x 1,0 x 0,5 cm de comprimento, largura e espessura, respectivamente); na porção medial dos testículos e mais próxima da albugínea e posteriormente acondicionados em solução fixadora de Bouin por 18 horas. Posteriormente os fragmentos foram transferidos e acondicionados em álcool 70 % até os processamentos histológicos.

Processamento histológico

Os fragmentos do parênquima testicular foram imersos em álcool a 70 % sendo primeiramente lavadas três vezes em solução alcoólica nesta mesma concentração. Posteriormente, submetidos ao processo de desidratação em solução alcoólicas em concentrações crescentes e sucessivas (70, 80, 90 % e álcool absoluto) por 60 minutos em cada solução, sendo renovadas aos 30 minutos.

Após a desidratação, os fragmentos foram embebidos em xilol, também por 60 minutos e com renovação do xilol aos 30 minutos. Após sua diafinização, foram embedidos em parafina a 56 °C por 50 minutos, renovada aos 25 minutos. Foram realizados cortes de cinco micrometros de espessura utilizando-se navalhas de aço em micrótomo. Após a microtomia, as amostras foram colocadas em uma estufa de 60 °C por 30 minutos, seguidamente, procedeu-se a coloração dos fragmentos. Os cortes foram corados com hematoxilina e eosina (HUMASON, 1972) e as lâminas montadas com Entellan.

Diâmetros dos túbulos seminíferos

Com o auxílio do fotomicroscópio (Olympus DP73, Tokyo, Japan) foram tiradas 15 fotos dos cortes histológicos dos testículos de cada animal, sendo usada para a análise 10 fotografias. O diâmetro médio dos túbulos seminíferos foi obtido a partir da medida do diâmetro de 10 secções transversais de contorno o mais circular possível, independente do estágio em que se encontravam. Cada secção do túbulo seminífero foi mensurada no sentido horizontal e vertical, obtendo assim duas medidas do diâmetro tubular. Na mesma secção em que se obteve diâmetro tubular, também foi medida a altura do epitélio seminífero, considerando-se desde a membrana basal até a borda luminal, foram obtidas quatro medidas da altura do epitélio seminífero, sendo que, apenas as médias foram utilizadas para as análises. As mensurações foram feitas com o auxílio do programa *Image Pro Plus*.

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o software SAS (SAS, 2002).

As mensurações de PE e peso corporal foram agrupadas por faixa etária, divididas em 8-10, 11-13 e 14-16 meses de idade e analisadas por ANOVA (*GLM Procedure*) de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + R_k + (TE)_{ij} + (TR)_{ik} + (ER)_{jk} + (TER)_{ijk} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; E_j = efeito da faixa etária; R_k = efeito de raça; $(TE)_{ij}$ = interação tratamento*faixa etária; $(TR)_{ik}$ = interação tratamento*raça; $(ER)_{jk}$ = interação faixa etária*raça; $(TER)_{ijk}$ = interação tripla; e_{ijk} = erro aleatório.

Para comparação das médias (*LSMEANS*) foi utilizado o método de Tukey-Kramer.

Os dados referentes à biometria *post-mortem* e as avaliações histológicas foram analisadas por ANOVA, de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + (TR)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ij} = resposta observada; μ = constante geral; T_i = efeito do tratamento; R_j = efeito de raça; $(TR)_{ij}$ = interação; e_{ijk} = erro aleatório.

Para comparação das médias (*LSMEANS*) foi utilizado o método de Tukey-Kramer.

O nível de significância adotado foi $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Biometria testicular post-mortem

Os valores médios para idade, peso corporal e biometria testicular *post-mortem* dos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho ponderal durante a fase de crescimento dos tourinhos encontra-se sumariados na tabela 5. Os valores médios do peso corporal dos animais no tratamento de alto desempenho na fase de crescimento foram maiores em relação aos valores médios obtidos dos animais do tratamento de baixo desempenho na fase de crescimento ($p < 0,05$).

Tabela 5: Valores médios* e erros padrão de idade, peso corporal e biometrias *post-mortem* de tourinhos da raça Nelore, alimentados com silagem de cana de açúcar na fase de crescimento nos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho ponderal na fase de crescimento

Variáveis	Desempenho ponderal			
	ALTO	MÉDIO	BAIXO	CV %

IDADIA (dias)	370,2 ± 10,7 a	368,3 ± 6,7 a	358,0 ± 17,8 a	7,0
PCORP (kg)	342,6 ± 26,6 a	293,3 ± 22,0 ab	235,2 ± 21,2 b	19,5
CTE (cm)	8,8 ± 0,4 a	8,8 ± 0,7 a	7,3 ± 0,8 a	19,0
LTE (cm)	4,8 ± 0,2 a	4,9 ± 0,4 a	3,8 ± 0,4 a	18,2
VOLTESQ (cm ³)	159,5 ± 16,5 a	189,3 ± 46,4 a	91,3 ± 27,2 a	56,23
CTD (cm)	8,9 ± 0,3 a	8,7 ± 0,8 a	7,2 ± 0,8 a	19,1
LTD (cm)	4,9 ± 0,2 a	4,9 ± 0,4 a	3,9 ± 0,4 a	19,1
VOLTDIR (cm ³)	170,1 ± 18,1 a	189,6 ± 48,4 a	95,9 ± 30,4 a	57,5
VOLTEST (cm ³)	329,6 ± 34,5 a	378,8 ± 94,6 a	187,2 ± 57,5 a	56,8
PTECE (g)	100,3 ± 16,6 a	105,1 ± 22,7 a	63,0 ± 19,1 a	52,2
PTDCE (g)	100,0 ± 10,5 a	105,4 ± 23,6 a	65,0 ± 20,9 a	50,9
PTESE (g)	97,0 ± 15,44 a	101,42 ± 22,71 a	60,50 ± 18,83 a	53,9
PTDSE (g)	96,3 ± 10,5 a	102,3 ± 23,5 a	63,0 ± 20,9 a	52,4
PTEST (g)	195,0 ± 26,7 a	204,3 ± 46,5 a	125,0 ± 40,5 a	53,2
IGS (%)	0,06 ± 0,004 a	0,067 ± 0,012 a	0,049 ± 0,012 a	43,8

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. IDADIA= idade em dia; PCORP= peso corporal; CTE= comprimento testículo esquerdo; LTE= largura testículo esquerdo; VOLTESQ= volume testículo esquerdo, CTD= comprimento testículo direito; LTD= largura testículo direito; VOLTDIR= volume testículo direito; VOLTEST= volume testicular; PTECE= peso do testículo esquerdo com epidídimo; PTDCE= peso do testículo direito com epidídimo; PTESE= peso do testículo esquerdo sem epidídimo; PTDSE= peso do testículo direito sem epidídimo; PTEST= peso testicular; IGS= índice gonadossomático.

Corroborando com os relatos de Guimarães (1997) e Moura et al (2002), poucos foram os estudos sobre biometria testicular *post-mortem*, de animais jovens *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, na literatura nacional e internacional. Foram recuperados alguns trabalhos avaliando biometria testicular *post-mortem* em bovinos (CARDOSO 1981; FRENEAU 1996; CASTRO et al., 1990; GUIMARÃES, 1997), búfalos (VAZ DE MELO, 1991); catetos (COSTA, 2001); onça parda (GUIÃO, 2003); leões (BARROS et al., 2006); gatos (SILVA, 2009); cães (HOSHINO, 2002) e ratos (PENITENTE-FILHO et al. 2014). Nos estudos revisados em bovinos, os animais se encontravam acima de 25 meses de idade e criados em manejo extensivo.

De um modo geral, verificou-se que tourinhos da raça Nelore alimentados com dietas para ganhar 0, 0,6 e 1,2 kg/dia (tratamentos BA, MA e AA, respectivamente) e fornecendo silagem de cana de açúcar com 0,5 % cal (volumoso) durante fase de crescimento (90 dias), os valores médios de biometria testicular *post-mortem* não apresentaram diferença entre si. Este fato pode ser atribuído ao desvios das médias que foram altos. Vale ressaltar que Silva

(2014) reportou que a restrição alimentar submetida a tourinhos da raça Nelore, durante a fase de crescimento foi capaz de induzir diferenças ($p < 0,05$) no consumo de matéria seca (MS). Desta forma, o consumo de MS diferiu entre os tratamentos e as dietas fornecidas na fase de crescimento possuíam composições distintas quanto aos teores dos nutrientes (Tabela 2).

Os valores médios para idade, peso corporal e biometria testicular *post-mortem* encontram-se sumariados na tabela 6. Não houve diferença ($p < 0,05$) entre os valores médios para estas características nos diferentes tratamentos em tourinhos da raça Nelore, alimentados com bagaço de cana de açúcar durante a fase de terminação (112 dias).

Tabela 6: Valores médios* e erros padrão de idade, peso corporal e biometrias *post-mortem* de tourinhos da raça Nelore, alimentados com bagaço de cana na fase de terminação nos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho ponderal

Variáveis	Desempenho ponderal			
	ALTO	MÉDIO	BAIXO	CV %
IDADIA (dias)	479,8 ± 8,6	487,5 ± 7,7	488,8 ± 12,6	4,7
PCORP (kg)	462,6 ± 21,1	441,7 ± 20,6	429,2 ± 20,5	11,1
CTE (cm)	12,2 ± 0,6	12,0 ± 0,5	11,3 ± 0,6	11,4
LTE (cm)	6,8 ± 0,3	6,9 ± 0,3	6,3 ± 0,5	12,7
VOLTESQ (cm ³)	462,4 ± 58,8	466,8 ± 60,0	369,0 ± 79,7	35,6
CTD (cm)	12,3 ± 0,6	12,0 ± 0,5	11,9 ± 0,7	11,7
LTD (cm)	7,0 ± 0,3	6,9 ± 0,3	6,7 ± 0,5	12,9
VOLTDIR (cm ³)	483,3 ± 60,6	465,2 ± 61,5	448,0 ± 93,6	36,2
VOLTEST (cm ³)	945,7 ± 119,2	932,0 ± 121,2	816,9 ± 158,7	34,6
PTECE (g)	220,3 ± 26,7	225,0 ± 28,2	179,2 ± 30,7	32,2
PTDCE (g)	240,0 ± 30,1	228,3 ± 28,4	208,4 ± 36,1	32,8
PTESE (g)	214,3 ± 26,2	219,3 ± 28,0	173,6 ± 30,2	32,7

PTDSE (g)	233,7 ± 29,6	222,0 ± 28,3	203,6 ± 36,0	33,4
PTEST (g)	445,0 ± 55,5	440,0 ± 55,4	380,0 ± 62,0	32,2
IGS (%)	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	26,0

* (p>0,05). IDADIA= idade em dia; PCORP= peso corporal; CTE= comprimento testículo esquerdo; LTE= largura testículo esquerdo; VOLTESQ= volume testículo esquerdo, CTD= comprimento testículo direito; LTD= largura testículo direito; VOLTDIR= volume testículo direito; VOLTEST= volume testicular; PTECE= peso do testículo esquerdo com epidídimo; PTDC= peso do testículo direito com epidídimo; PTESE= peso do testículo esquerdo sem epidídimo; PTDSE= peso do testículo direito sem epidídimo; PTEST= peso testicular; IGS= índice gonadossomático

Não houve diferença nas biometrias testiculares *post-mortem* na fase de terminação entre os valores médios obtidos dos animais da raça Nelore nos diferentes tratamentos. A dieta foi formulada para ganharem em média de 1,5 kg/dia com a utilização de bagaço de cana de açúcar (volumoso) e alto grão durante 112 dias. Segundo Silva (2014) reportou que na fase de terminação os tourinhos do tratamento BA apresentaram maiores (p<0,05) ganhos médios diários de peso vivo (1,45 kg/dia) em relação aos demais tratamentos MA (1,12 kg/dia) e AA (0,91 kg/dia) que não diferiram entre si (p>0,05). Isso se deve ao ganho médio diário dos tourinhos da raça Nelore do tratamento BA apresentarem crescimento e ganho compensatório e maior eficiência alimentar em comparação aos demais tratamentos durante fase de terminação.

Diâmetro dos túbulos seminíferos

Os dados apresentados no presente estudo foram corrigidos pelo índice de retração do diâmetro dos túbulos seminíferos, ocasionado durante o processamento histológico.

Os valores médios do diâmetro tubular e altura do epitélio seminífero de tourinhos alimentados com silagem de cana de açúcar na fase de crescimento e com bagaço de cana na fase de terminação encontram-se registrado na tabela 7. Não houve diferença (p>0,05) entre os tratamentos em relação ao diâmetro tubular e altura de epitélio seminífero.

Tabela 7: Valores médios* e erros padrão dos diâmetros dos túbulos e altura de epitélio seminífero de bovinos da raça Nelore, alimentados com silagem de cana de açúcar, durante 90 dias (crescimento) e bagaço de cana por 112 dias (terminação)

Tratamentos	Diâmetro dos túbulos seminíferos (µm)	Altura do epitélio seminíferos (µm)
-------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Alto	111,1 ± 1,7	23,5 ± 0,5
Médio	112,6 ± 1,3	23,7 ± 0,5
Baixo	110,3 ± 1,8	24,8 ± 1,3
CV%	12,3	26,4

* (p>0,05).

Os diâmetros dos túbulos seminíferos foram maiores em animais na fase de terminação em comparação na fase de crescimento (p<0,05; tabela 8). A altura dos epitélios seminíferos foram maiores em animais do tratamento BA na fase de terminação em relação aos valores obtidos no tratamento BA na fase de crescimento (p<0,05; tabela 8). Isto se deve, provavelmente, ao fato que durante a fase de terminação os tourinhos do tratamento BA tiveram maiores ganhos médios diários com crescimento compensatório e conseqüentemente no desenvolvimento testicular. No entanto, não houve diferença entre os valores médios obtidos nos animais dos tratamentos AA e MA (p>0,05).

Tabela 8: Valores médios* e erros padrão do diâmetro dos túbulos e altura dos epitélios seminíferos de bovinos da raça Nelore, alimentados com silagem de cana de açúcar na fase de crescimento e bagaço de cana na fase de terminação

Tratamentos	Fase de crescimento	Fase terminação
	Diâmetro dos túbulos seminíferos (µm)	
AA	97,0 ± 2,7 Ba	115,8 ± 1,6 Aa
MA	104,5 ± 2,7 Ba	115,4 ± 1,6 Aa
BA	96,6 ± 3,8 Ba	113,0 ± 1,7 Aa
CV %	10,7	10,8
Altura do epitélio seminífero (µm)		
AA	21,4 ± 1,4 Aa	24,3 ± 0,8 Aa
MA	22,6 ± 1,4 Aa	24,1 ± 0,8 Aa
BA	21,1 ± 2,0 Ba	25,6 ± 0,9 Aa
CV %	16,14	27,8

*Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na coluna diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey. AA = alto desempenho na fase de crescimento e alto na terminação; MA = médio desempenho

na fase de crescimento e alto na terminação e BA = baixo desempenho na fase de crescimento e alto na terminação.

Alternativamente, agrupando os tourinhos da raça Nelore na fase de crescimento e fase de terminação de acordo com o desenvolvimento testicular, observa-se que os valores médios obtidos para diâmetro tubular diferem entre as fases de crescimento avaliadas, isso se deve ao fato de que na fase do crescimento, os tourinhos tinham em média 12 meses de idade (tabela 5) quando comparados com os valores médios dos animais na fase de terminação, com idade média de 16 meses (tabela 6). Isto pode ser explicado principalmente pelo processo de formação do lume, levando a expansão tubular, o que está bem caracterizado em animais púberes. Porém, nos tourinhos de 10 meses de idade foram observados pequenos diâmetros de túbulos seminíferos, presença de células de Sertoli e sem lume tubular, indicando que os animais se encontravam na fase de pré-púbere.

A partir da completa formação do lume tubular, a altura dos epitélios seminíferos pode ser apontada como o fator mais relacionado com o diâmetro tubular, em condições normais de desenvolvimento (VAZ de MELO, 1991). Com base neste fato, pode ser observado aumento progressivo do diâmetro tubular, acompanhando o aumento gradativo da população celular e da altura do epitélio seminífero.

No presente estudo, o diâmetro dos túbulos seminíferos na fase de terminação foi maior do que na fase de crescimento, e se deve a maior idade (16,2 meses) dos tourinhos quando comparados aos animais na fase de crescimento (12,2 meses). Nesta idade, caracteriza-se como a idade que ocorre rápido crescimento testicular e desenvolvimento corporal, porém quando o status nutricional estiver comprometido, os animais não ganharão peso, e conseqüentemente o crescimento testicular e o desenvolvimento corporal serão comprometidos. No presente estudo, pode-se observar que durante a fase de crescimento, os tourinhos do tratamento BA perderam $-0,06$ kg/dia, em comparação com os animais dos tratamentos AA e MA, onde o ganho médio diário foi de $1,09$ kg/dia e $0,67$ kg/dia, respectivamente.

Cardoso (1981) verificou a média do diâmetro tubular de $210,5 \pm 4,9$ μm em touros adultos da raça Nelore, sendo os mesmos superiores aos valores médios registrados no presente estudo. Isto se deve ao fato do presente estudo ter utilizado animais com idades entre 12 e 16 meses de idade, que não havia atingido a maturidade sexual. Godinho e Cardoso (1979) reportaram que na puberdade até maturidade sexual ocorre aumento no diâmetro dos túbulos seminíferos, quando então apresentam aumento gradativo até a fase adulta. Trabalhos

realizados por Abdel-Raouf (1960), Amann (1962) em *Bos taurus taurus* reportaram valores superiores aos reportados por Cardoso (1981).

Em relação ao presente estudo, deve-se salientar que à medida que os animais atingissem a maturidade sexual, aconteceria o aumento do diâmetro dos túbulos seminíferos e altura do epitélio seminíferos.

Peso corporal e perímetro escrotal

Os valores médios para idade, peso corporal e perímetro escrotal dos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho ponderal durante a fase de crescimento dos tourinhos da raça Nelore encontram-se registrados na tabela 9. Houve diferença no peso corporal dos animais no tratamento de alto desempenho em relação aos valores médios dos animais dos tratamentos de médio e baixo desempenho na fase de crescimento aos 12-13 meses de idade ($p < 0,05$). Houve diferença no peso corporal nos tratamentos AA e MA dos tourinhos aos 12-13 meses de idade quando comparados aos tourinhos de 8-9 e 10-11 meses de idade nos tratamentos AA e MA ($p < 0,05$). No tratamento BA na fase de crescimento não houve diferença entre os valores médios para peso corporal dos animais ($p > 0,05$).

Não houve diferença dos valores médios para perímetro escrotal nas idades de 10-11 meses de idade para os tourinhos nos tratamentos AA e MA ($p > 0,05$). Porém, os valores médios obtidos para os animais do tratamento BA diferiu em relação aos valores médios obtidos para os animais do tratamento AA ($p < 0,05$) da mesma idade, embora não tenha diferido dos valores médios obtidos para os animais do tratamento MA ($p > 0,05$). Houve diferença no peso corporal dos animais entre as idades 12-13 meses quando comparados com 8-9 e 10-11 no tratamento de AA ($p < 0,05$). Verificou-se diferença no peso corporal dos animais da idade de 12-13 meses quando comparados com os tourinhos aos 8-9 meses de idade do tratamento MA ($p < 0,05$). Para o tratamento BA, o peso corporal dos tourinhos aos 8-9 meses de idade diferiram dos valores médios obtidos para os animais das demais idades ($p < 0,05$).

Tabela 9: Valores médios e erros padrão de idade, peso corporal e perímetro escrotal por faixa de idade de tourinhos da raça Nelore, alimentados com silagem de cana de açúcar com 0,5 % de cal, durante na fase de crescimento nos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho

Tratamentos	Faixa etária (meses)		
	8 – 9	10 – 11	12 – 13
	Peso corporal (kg)		
AA	252,3 ± 12,9 Ab	294,5 ± 7,6 Ab	358,8 ± 10,6 Aa
MA	239,6 ± 12,9 Ab	269,6 ± 7,9 Aab	306,5 ± 8,9 Ba
BA	217,2 ± 12,9 Aa	247,8 ± 7,9 Aa	270,9 ± 8,9 Ba
CV %	14,6		
	Perímetro escrotal (cm)		
AA	21,0 ± 0,9 Ab	23,3 ± 0,5 Ab	26,8 ± 0,7 Aa
MA	20,5 ± 0,9 Ab	22,5 ± 0,5 ABab	25,3 ± 0,6 Aa
BA	18,0 ± 0,9 Ab	20,7 ± 0,6 Ba	23,7 ± 0,8 Aa
CV %	11,9		

Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. AA = alto desempenho na fase de crescimento e alto na terminação; MA = médio desempenho na fase de crescimento e alto na terminação e BA = baixo desempenho na fase de crescimento e alto na terminação.

Os valores médios para idade, peso corporal e perímetro escrotal dos tratamentos de alto, médio e de baixo desempenho durante a fase de terminação dos tourinhos encontra-se sumariados na tabela 10. Houve diferença no peso corporal dos animais no tratamento BA em relação aos valores médios dos animais no tratamento AA na fase de terminação aos 12-13 e 14-15 meses de idade ($p < 0,05$). Porém, o peso corporal dos animais nos tratamentos AA, MA e BA não diferiram aos 16-17 meses de idade ($p > 0,05$).

Houve diferença no peso corporal dos animais aos 16-17 meses de idade em relação às demais idades do tratamento AA ($p < 0,05$). Aos 16-17 meses de idade, os valores médios do peso corporal dos animais diferiram em relação ao peso corporal aos 12-13 meses de idade nos tratamentos MA e BA ($p < 0,05$). Porém, os valores médios do peso corporal aos 14-15 meses de idade quando comparados aos 12-13 meses de idade não diferiram ($p > 0,05$). Não houve diferença dos valores médios para perímetro escrotal nas três idades avaliadas em relação aos tratamentos ($p > 0,05$). Não foi verificada diferença para o tratamento AA em relação às idades na fase de terminação dos tourinhos ($p > 0,05$). Houve diferença no peso corporal dos animais aos 16-17 meses de idade quando comparado aos 12-13 meses de idade nos tratamentos MA e BA ($p < 0,05$).

Tabela 10: Valores médios e erros padrão de idade, peso corporal e perímetro escrotal por faixa de idade de tourinhos da raça Nelore, alimentados com bagaço de cana de açúcar na fase de terminação nos tratamentos de alto, médio e baixo desempenho

Tratamentos	Faixa etária (meses)		
	12 – 13	14 – 15	16 – 17
	Peso corporal (kg)		
AA	368,4 ± 12,2 Ab	421,8 ± 9,3 Ab	491,1 ± 14,5 Aa
MA	328,5 ± 13,2 Abc	397,2 ± 10,2 ABb	459,9 ± 16,2 Aa
BA	285,3 ± 13,2 Bc	359,0 ± 10,2 Bb	440,5 ± 16,2 Aa
CV %	8,2		
	Perímetro escrotal (cm)		
AA	28,8 ± 1,1 Aa	31,1 ± 0,8 Aa	33,7 ± 1,3 Aa
MA	26,0 ± 1,2 Ab	30,7 ± 0,8 Aab	34,9 ± 1,2 Aa
BA	24,2 ± 1,2 Ab	28,4 ± 0,9 Aab	33,8 ± 1,5 Aa
CV %	9,8		

Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. AA = alto desempenho na fase de crescimento e alto na terminação; MA = médio desempenho na fase de crescimento e alto na terminação e BA = baixo desempenho na fase de crescimento e alto na terminação.

Experimento II

Biometria testicular post-mortem

Os valores computados para idade, peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* estão sumariados na tabela 11. Não houve diferença entre os valores médios para estas características obtidos nos animais nos diferentes tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 11: Valores médios e erros padrão de idade, peso corporal e biometria testicular *post-mortem* de tourinhos da raça Nelore, alimentados com cana de açúcar *in natura*

Variáveis	A	B	C	D	CV %
IDADIA (dias)	412,50 ± 12,74	399,37 ± 17,03	426,90 ± 11,84	412,11 ± 13,41	9,80
PCORP (kg)	413,62 ± 20,08	423,62 ± 26,20	406,50 ± 19,28	401,44 ± 18,60	15,11
CTE (cm)	11,54 ± 0,78	12,28 ± 0,67	11,12 ± 0,41	11,53 ± 0,78	16,51
LTE (cm)	6,08 ± 0,42	6,45 ± 0,37	6,07 ± 0,20	5,96 ± 0,41	16,71
VOLTESQ (cm ³)	362,53 ± 69,20	426,94 ± 67,07	331,11 ± 32,77	356,51 ± 69,05	46,43
CTD (cm)	11,58 ± 0,75	12,25 ± 0,60	10,96 ± 0,54	11,43 ± 0,80	17,25
LTD (cm)	6,23 ± 0,40	6,47 ± 0,31	5,99 ± 0,28	6,02 ± 0,43	16,99
VOLTDIR (cm ³)	377,46 ± 62,53	422,27 ± 56,96	326,46 ± 40,46	362,82 ± 68,91	45,20
VOLTEST (cm ³)	740,00 ± 127,33	849,22 ± 123,70	657,57 ± 72,15	719,32 ± 137,73	45,55
PTECE (g)	193,38 ± 24,17	187,18 ± 22,82	160,06 ± 16,60	183,93 ± 31,91	39,92
PTDCE (g)	203,42 ± 21,80	198,50 ± 22,82	158,78 ± 20,36	185,17 ± 32,24	39,82
PTESE (g)	188,78 ± 23,77	182,55 ± 22,35	155,91 ± 16,39	179,76 ± 31,67	40,39
PTDSE (g)	199,00 ± 21,46	193,92 ± 22,34	154,41 ± 20,04	180,98 ± 32,03	40,28
PTEST (g)	387,78 ± 45,09	376,47 ± 44,50	310,31 ± 35,07	360,74 ± 63,65	39,94
IGS (%)	0,093 ± 0,009	0,088 ± 0,007	0,076 ± 0,007	0,087 ± 0,013	32,41

($p > 0,05$). A = dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais; B = dieta convencional para suprir 100 % das exigências de Ca e P, mas sem adição do premix micromineral; C = dieta

convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico; D= dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral. IDADIA= idade em dia; PCORP= peso corporal; CTE= comprimento testículo esquerdo; LTE= largura testículo esquerdo; VOLTESQ= volume testículo esquerdo, CTD= comprimento testículo direito; LTD= largura testículo direito; VOLTDIR= volume testículo direito; VOLTEST= volume testicular; PTECE= peso do testículo esquerdo com epidídimo; PTDCE= peso do testículo direito com epidídimo; PTESE= peso do testículo esquerdo sem epidídimo; PTDSE= peso do testículo direito sem epidídimo; PTEST= peso testicular; IGS= índice gonadossomatico

Segundo Francos (2016) avaliando os quatro tratamentos (A, B, C e D) os valores médios de consumo de matéria seca, consumo de nutrientes digestíveis totais, consumo de proteína bruta, consumo de fibra detergente neutro, consumo de matéria orgânica, peso em jejum final, peso de corpo vazio, gordura, área olho de lombo e rendimento de carcaça não apresentaram diferença entre os valores médios obtidos dos animais nos diferentes tratamentos ($p>0,05$). Porém, os animais que consumiram mais Ca e P tiveram maior excreção de Ca e P ($p<0,05$).

Diâmetro dos túbulos seminíferos

Os resultados médios de diâmetro tubular e altura dos epitélios seminíferos de tourinhos, alimentados com cana de açúcar *in natura* encontram-se na tabela 12. Não houve diferença ($p>0,05$) entre os valores médios do diâmetro tubular e altura de epitélio seminífero dos animais nos diferentes tratamentos.

Tabela 12: Valores médios* e erros padrão do diâmetro tubular e altura de epitélio seminífero de tourinhos da raça Nelore, em manejo intensivo, e alimentados com cana de açúcar *in natura*

Tratamentos	Diâmetro dos túbulos seminíferos (μm)	Altura do epitélio seminíferos (μm)
A	114,5 \pm 1,7	23,8 \pm 0,5
B	113,5 \pm 1,8	23,7 \pm 0,5
C	110,1 \pm 1,2	23,3 \pm 0,9
D	110,7 \pm 2,0	23,1 \pm 0,7
CV %	13,6	27,4

* ($p>0,05$). A = dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais; B = dieta convencional para suprir 100 % das exigências de Ca e P mas sem adição do premix micromineral; C = dieta convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico; D = dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral.

Peso corporal e perímetro escrotal

Os valores médios para idade, peso corporal e perímetro escrotal dos tratamentos A, B, C e D dos tourinhos da raça Nelore encontra-se sumariado na tabela 13. Não houve diferença no peso corporal dos animais entre os tratamentos aos 9-10 meses de idade ($p>0,05$). Houve diferença do peso corporal dos animais no tratamento B quando comparado com o tratamento C nas idades 11-12 e acima de 13 meses ($p<0,05$). O peso corporal dos tourinhos acima dos 13 meses de idade diferiu quando comparado às idades de 9-10 e 11-12 meses ($p<0,05$).

O perímetro escrotal nos tourinhos nas diferentes idades não diferiu entre os tratamentos ($p>0,05$). Porém, ao avaliar dentro de cada tratamento, houve diferença do perímetro escrotal dos tourinhos acima dos 13 meses de idade em relação aos 9-10 e 11-12 meses de idade dos tratamentos A, C e D ($p<0,05$), não sendo observado diferença entre as idades no tratamento B ($p>0,05$). Não foi constatada diferença nos valores médios do perímetro escrotal nas idades de 9- 10 e 11-12 meses nos tratamentos A, C, e D ($p>0,05$).

Tabela 13: Valores médios e erros padrão de idade, peso corporal e perímetro escrotal por faixa etária de tourinhos da raça Nelore, alimentados com cana de açúcar *in natura*

Tratamentos	Faixa etária (meses)		
	9 – 10	11 - 12	Acima 13
Peso corporal (kg)			
A	281,8 ± 12,0 Ac	345,7 ± 9,6 ABb	427,0 ± 10,1 Aba
B	298,5 ± 11,1 Ac	366,5 ± 9,3 Ab	457,2 ± 13,2 Aa
C	270,9 ± 11,5 Ac	321,6 ± 9,1 Bb	403,2 ± 7,9 Ba
D	270,9 ± 11,1 Ac	336,3 ± 9,1 ABb	413,9 ± 9,3 Aba
CV %	11,8		
Perímetro escrotal (cm)			
A	23,7 ± 1,4 Ac	27,3 ± 0,8 Abc	33,1 ± 0,9 Aa
B	26,5 ± 1,2 Aa	27,9 ± 0,8 Aa	30,8 ± 1,0 Aa
C	22,6 ± 1,5 Ac	24,9 ± 0,7 Abc	30,1 ± 0,7 Aa
D	21,9 ± 1,4 Ac	26,1 ± 0,7 Abc	31,3 ± 0,8 Aa
CV %	11,0		

Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. A = dieta convencional, suprimento de 100 % das exigências de Ca, P e microminerais; B = dieta convencional para suprir 100 % das exigências de Ca e P, mas sem adição do premix micromineral; C = dieta convencional para suprir 100 % das exigências de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico; D = dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral.

Experimento III

Biometria testicular *post-mortem*

As médias obtidas dos animais para biometrias testiculares *post-mortem* nos tratamentos 10, 12, 14% de PB e de manutenção com 12% de proteína bruta estão sumariados na tabela 14. No presente estudo, o peso corporal dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus em relação aos animais do tratamento com 14% de proteína bruta apresentaram maiores valores médio do peso corporal em relação aos animais do tratamento com 10% e de manutenção com 12% de proteína bruta ($p < 0,05$). Porém, o tratamento com 12 % de PB não apresentou diferença aos valores médios do tratamento com 14 % e os valores médios para os animais dos tratamentos 10 e 12 % de PB não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$).

Os valores médios obtidos para biometria testicular *post-mortem* dos animais nos tratamentos com 10, 12 e 14 % de proteína bruta foram superiores em comparação aos valores obtidos para os animais do tratamento de manutenção alimentados com 12 % de proteína bruta ($p < 0,05$). Porém, no índice gonadossomático não houve diferença entre os mesmos ($p > 0,05$).

Tabela 14: Valores médios e erros padrão do peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com silagem de milho de acordo com a percentagem de PB

Variáveis	10 % PB	12 % PB	14 % PB	Mant 12 % PB	CV %
PCORP (kg)	429,6 ± 20,6 b	458,2 ± 14,4 ab	467,7 ± 13,2 a	232,3 ± 5,5 c	7,3
CTE (cm)	12,3 ± 0,4 a	13,2 ± 0,2 a	12,3 ± 0,2 a	10,3 ± 0,7 b	8,1
LTE (cm)	6,5 ± 0,2 a	7,0 ± 0,2 a	6,6 ± 0,2 a	4,8 ± 0,3 b	10,1
VOLTESQ (cm ³)	426,3 ± 41,8 a	52, ± 35,3 a	425,2 ± 27,0 a	206,9 ± 38,2 b	25,8
CTD (cm)	12,4 ± 0,4 a	12,9 ± 0,2 a	12,3 ± 0,3 a	10,4 ± 0,7 b	8,1
LTD (cm)	6,6 ± 0,3 a	7,0 ± 0,2 a	6,4 ± 0,2 a	4,8 ± 0,3 b	11,1
VOLTDIR (cm ³)	436,3 ± 45,8 a	507,8 ± 36,8 a	397,7 ± 31,1 a	206,2 ± 39,8 b	28,2
VOLTEST (cm ³)	862,6 ± 86,9 a	1030,1 ± 70,1 a	822,9 ± 56,4 a	413,2 ± 77,9 b	26,4

PTECE (g)	229,6 ± 27,2 a	267,1 ± 16,2 a	223,0 ± 14,9 a	126,8 ± 22,2 b	27,7
PTDCE (g)	243,2 ± 30,1 a	263,6 ± 13,9 a	220,8 ± 16,4 a	124,5 ± 23,6 b	27,9
PTESE (g)	224,2 ± 27,1 a	263,8 ± 15,6 a	217,3 ± 14,6 a	123,3 ± 21,8 b	27,8
PTDSE (g)	236,9 ± 30,0 a	260,1 ± 13,5 a	215,0 ± 16,1 a	128,1 ± 32,3 b	28,2
PTEST (g)	461,1 ± 56,9 a	523,8 ± 27,5 a	432,3 ± 30,4 a	251,4 ± 45,0 b	27,5
IGS (%)	0,11 ± 0,01 a	0,11 ± 0,015 a	0,09 ± 0,01 a	0,10 ± 0,02 a	25,1

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. 10 % PB= 10 % proteína bruta; 12 % PB= 12 % proteína bruta; 14 % PB= 14 % de proteína bruta; Mant 12 % PB= manutenção com 12 % de proteína bruta; PCORP= peso corporal; CTE= comprimento testículo esquerdo; LTE= largura testículo esquerdo; VOLTESQ= volume testículo esquerdo, CTD= comprimento testículo direito; LTD= largura testículo direito; VOLTDIR= volume testículo direito; VOLTEST= volume testicular; PTECE= peso do testículo esquerdo com epidídimo; PTDCCE= peso do testículo direito com epidídimo; PTESE= peso do testículo esquerdo sem epidídimo; PTDCSE= peso do testículo direito sem epidídimo; PTEST= peso testicular, IGS= índice gonadossomático.

Amaral (2016) verificou que os tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus alimentados com 10 e 12 % de PB apresentaram maior consumo de matéria seca, porém, os animais alimentados com 14 % PB tiveram ganho médio diário igual aos alimentados com 12 % de PB e superior aos valores médios dos animais do tratamento com 10 % de PB.

As médias registradas para as biometrias testiculares *post-mortem* e avaliadas pelo grau de sangue (Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus) estão resumidas na tabela 15. Os resultados das variáveis peso corporal, comprimento, largura e volume do testículo esquerdo, comprimento, largura e volume do testículo direito, foram superiores para os tourinhos da raça Nelore x Aberdeen Angus em comparação aos tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Vale ressaltar, que as outras características *post-mortem*, volume testicular direito, peso do testículo esquerdo e direito com e sem epidídimo e peso testicular não apresentaram diferença entre os genótipos estudados ($p > 0,05$).

Tabela 15: Valores médios e erros padrão do peso corporal e biometrias testiculares *post-mortem* de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com silagem de milho

Variáveis	Nelore	Nelore x Angus	CV %
PCORP (kg)	374,2 ± 19,1 b	442,3 ± 23,8 a	7,3

CTE (cm)	11,6 ± 0,4 b	12,4 ± 0,2 a	8,1
LTE (cm)	5,9 ± 0,3 b	6,5 ± 0,2 a	10,1
VOLTESQ (cm ³)	354,8 ± 39,5 b	429,5 ± 30,3 a	25,8
CTD (cm)	11,5 ± 0,4 b	12,4 ± 0,2 a	8,1
LTD (cm)	5,9 ± 0,3 b	6,5 ± 0,2 a	11,1
VOLTDIR (cm ³)	346,0 ± 39,0 a	422,9 ± 32,0 a	28,2
VOLTEST (cm ³)	700,8 ± 77,5 b	852,4 ± 61,8 a	26,4
PTECE (g)	197,0 ± 22,1 a	223,4 ± 13,1 a	27,7
PTDCE (g)	197,2 ± 22,1 a	229,0 ± 13,2 a	27,9
PTESE (g)	193,4 ± 21,9 a	218,0 ± 12,9 a	27,8
PTDSE (g)	193,6 ± 21,9 a	223,7 ± 13,0 a	28,2
PTEST (g)	387,1 ± 43,2 a	441,7 ± 25,8 a	27,5
IGS (%)	0,1 ± 0,01 a	0,1 ± 0,01 a	25,1

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. PCORP= peso corporal; CTE= comprimento testículo esquerdo; LTE= largura testículo esquerdo; VOLTESQ= volume testículo esquerdo, CTD= comprimento testículo direito; LTD= largura testículo direito; VOLTDIR= volume testículo direito; VOLTEST= volume testicular; PTECE= peso do testículo esquerdo com epidídimo; PTDCE= peso do testículo direito com epidídimo; PTESE= peso do testículo esquerdo sem epidídimo; PTDSE= peso do testículo direito sem epidídimo; PTEST= peso testicular, IGS= índice gonadossomático.

No presente estudo, o peso testicular dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus foram superiores aos reportados por Moura et al. (2002) avaliando peso testicular *post-mortem* de touros da raça Nelore aos 30 meses de idade, alimentados com capim elefante, leucena, cunhã e concentrado a base de soja, milho e farelo de trigo, os valores médios do peso testicular e dos epidídimos foram $160,9 \pm 7,7$ g e $20,4 \pm 0,6$ g, respectivamente. Estes autores relatam que não há estudos sobre peso das gônadas e dos epidídimos em touros jovens da raça Nelore na fase puberal, somente em animais na fase de maturidade. Cardoso & Godinho (1989) verificaram o valor médio de 208,5 g para peso testicular em animais jovens maduros sexualmente. Na pré-puberdade há aumento considerável no diâmetro dos túbulos seminíferos, devido à multiplicação das células germinativas e diferenciação das células de Sertoli (AMANN & WALKER, 1983; SHARPE, 1994; EVANS et al., 1996). Animais que atingem a puberdade mais precocemente iniciam a vida reprodutiva e produtiva mais rapidamente, oferecendo inúmeras vantagens no sistema de produção.

Amaral (2016) verificou que houve diferença entre os grupos genéticos para peso corporal e peso de corpo vazio (carcaça, PCVZ), enquanto que não houve diferença para o

ganho diário de carcaça (GDC) e espessura de gordura subcutânea para os animais cruzados. O maior peso corporal dos tourinhos cruzados pode ser explicado pelo maior peso corporal inicial e maior ganho de carcaça. Isso demonstra que, após a desmama, os futuros tourinhos devem ser confinados ou suplementados nos piquetes com dietas com concentração de 12 % de PB na fase de recria (crescimento) enquanto que no final desse período, ou seja, na terminação, a concentração de PB na dieta poder ser reduzida para 10 %, sem causar efeito no desempenho dos tourinhos.

Diâmetro dos túbulos seminíferos

Os resultados obtidos no diâmetro tubular e altura do epitélio seminífero dos animais nos diferentes tratamentos estão sumariados na tabela 16. O diâmetro dos túbulos seminíferos e altura do epitélio seminífero foram maiores nos animais alimentados com dietas com 14 % de proteína bruta ($p < 0,05$). No entanto, os tratamentos com 10, 12 % de PB e de manutenção (12 % PB) não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$).

Tabela 16: Valores médios e erros padrão do diâmetro dos túbulos seminíferos e altura de epitélio seminíferos de bovinos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com silagem de milho

Tratamentos	Diâmetro dos túbulos seminíferos (μm)	Altura do epitélio seminífero (μm)
10% PB	122,2 \pm 1,1 ^b	27,4 \pm 0,4 ^b
12% PB	126,0 \pm 0,9 ^b	27,3 \pm 0,4 ^b
14% PB	142,9 \pm 5,4 ^a	30,7 \pm 1,1 ^a
Mant (12 % PB)	123,1 \pm 3,8 ^b	26,8 \pm 0,8 ^b
CV%	24,2	24,8

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. 10% PB= 10% proteína bruta; 12% PB= 12% proteína bruta; 14% PB= 14% de proteína bruta; Mant 12% PB= manutenção com 12% de proteína bruta.

Os valores médios superiores obtidos no presente estudo para diâmetro tubular e altura de epitélio seminífero em tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus

podem estar relacionados ao teor de proteína bruta utilizado na alimentação. Acredita-se que concentrações mais elevadas de PB estimulariam o consumo e estariam relacionados a elevados ganhos de peso (VERAS et al., 2007) e conseqüentemente, desenvolvimento corporal e testicular mais acelerado, atingindo a puberdade mais precocemente.

Os valores de diâmetro tubular verificado neste estudo foram inferiores ao reportado por Cardoso (1981) e Roosen-Runge (1997) que verificaram diâmetro tubular de 180 a 300 μm . Vale ressaltar que, no presente estudo, os tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus avaliados não haviam atingido a maturidade sexual. Isso pode ser inferido, por meio das análises histológicas, onde não foi observado nenhum túbulo seminífero com epitélio seminífero alto. Entretanto, variações podem ser observadas entre raças e linhagens diferentes dentro da mesma raça (PAULA, 1999).

Guimarães (1997) avaliando dois grupos genéticos (F1 Holandês x Zebu e F1 Red Angus x Zebu) com idade entre 25 e 28 meses, em manejo extensivo, verificou valores superiores de diâmetro tubular $232,8 \pm 14,9 \mu\text{m}$ e $218,0 \pm 17,1 \mu\text{m}$ e altura do epitélio seminífero de $130,6 \pm 15,8 \mu\text{m}$ e $133,2 \pm 15,8 \mu\text{m}$, respectivamente.

Santos et al. (2008) avaliando dietas com 20 % de caroço de algodão e isenta de gossipol, em touros da raça Nelore, com média de 30 meses de idade, registraram valores para a espessura do epitélio seminífero de $49,2 \pm 5,1$ e $65,2 \pm 8,7 \mu\text{m}$, respectivamente.

Segundo Cardoso (1977) e Castro et al. (1990), o início da puberdade de tourinhos zebuínos criados a pasto ocorre entre 12 e 14 meses de idade, que corresponde à fase de rápido ganho de peso corporal, acelerado desenvolvimento testicular, aumento da secreção do hormônio luteinizante (LH) e coincide com o início da espermatogênese. Cardoso & Godinho (1979) relataram que os espermatozoides são observados nos túbulos seminíferos a partir de 16 a 18 meses de idade em tourinhos da raça Nelore, indicando atraso no desenvolvimento sexual dos tourinhos zebuínos quando comparando com os tourinhos de raças taurinas.

No presente estudo, os valores do diâmetro tubular nos tourinhos no tratamento com 14 % de proteína bruta mostraram-se semelhantes aos valores obtidos por Vaz de Melo (1991) em búfalos (Murrah x Jafarabadi) com 10 a 24 meses de idade, criados em manejo extensivo. Comparando com a mesma faixa etária dos animais (15 meses) o diâmetro tubular foi de $141,1 \pm 6,6 \mu\text{m}$ (VAZ DE MELO, 1991) e para o presente estudo foi de $142,9 \pm 5,4 \mu\text{m}$.

Os valores computados de acordo com o genótipo em relação ao diâmetro tubular e altura do epitélio seminífero de acordo com o grau de sangue estão sumariados na tabela 17.

Não houve diferença entre os valores médios obtidos para os animais de diferentes genótipos estudados ($p>0,05$).

Tabela 17: Valores médios e erros padrão do diâmetro dos túbulos e altura dos epitélios seminíferos para tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, alimentados com silagem de milho, em relação aos genótipos

Genótipos	Diâmetros de túbulos seminíferos (μm)	Altura do epitélio seminífero (μm)
Nelore	127,9 \pm 2,4	27,6 \pm 0,5
F1 Nelore x Angus	129,6 \pm 2,2	28,5 \pm 0,5
CV %	24,2	24,8

($p>0,05$).

A medida do diâmetro tubular é uma abordagem utilizada como indicador da atividade espermatogênica em experimentos que envolvem a função testicular (GODINHO & CARDOSO, 1979; SINHA-HIKIM et al., 1991; RUSSELL et al., 1994; MUÑOZ et al., 1998; FRANÇA & CARDOSO, 1998; FRANÇA & GODINHO, 2003). Segundo Wing & Christensen (1982) a mensuração da altura do epitélio seminífero é mais efetiva para a avaliação da produção espermática do que o diâmetro tubular.

Peso corporal e perímetro escrotal

Os valores médios para peso corporal dos tratamentos de 10, 12, 14 % de PB e 12 % de PB em manutenção dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus estão sumariados na tabela 18. Houve interação do tratamento com a faixa etária. As médias para peso corporal dos animais de faixa etária de 8 – 10 meses de idade nos tratamentos 10, 12 e 14 % de PB para os tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus foram maiores quando comparadas com os animais do tratamento de manutenção ($p<0,05$). Para faixa etária de 11 – 13 meses de idade, o peso corporal dos animais do tratamento 14 % de PB foi maior em relação aos demais tratamentos. No entanto, o peso corporal dos animais dos tratamentos 10 e 12 % de PB não diferiram entre si ($p>0,05$) e o peso dos animais do tratamento manutenção diferiu quando comparados aos obtidos nos demais tratamentos ($p<0,05$). Na faixa etária de 14 – 16 meses de idade, os tratamentos 12 e 14 % de PB não diferiram entre si em relação ao peso corporal dos animais ($p>0,05$). O peso corporal dos

animais do tratamento de 10 % de PB e do tratamento manutenção diferiram dos demais tratamentos avaliados ($p < 0,05$).

O peso corporal dos animais na faixa etária 14 – 16 meses de idade foi maior quando comparados com as demais faixas etárias nos tratamentos 10, 12 e 14 % PB ($p < 0,05$). Porém, o peso corporal dos animais do tratamento de manutenção não apresentou diferença no peso corporal entre as faixas etárias avaliadas ($p > 0,05$).

Tabela 18: Interação dos tratamentos com a faixa etária para o peso corporal (kg) de tourinhos da raça Nelore e Nelore x mestiços Aberdeen Angus com diferentes percentuais de proteína bruta (PB).

Faixas etárias (meses)	Tratamentos (% de PB)			
	10	12	14	12, Manutenção
08-10	243,4 ± 5,9 Ca	239,4 ± 5,4 Ca	256,5 ± 5,9 Ca	199,1 ± 6,6 Ab
11-13	318,7 ± 5,9 Bb	334,9 ± 5,4 Bab	355,7 ± 5,9 Ba	212,4 ± 6,6 Ac
14-16	403,2 ± 5,9 Ab	430,8 ± 5,4 Aa	442,8 ± 6,0 Aa	227,5 ± 6,6 Ac

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores médios para raça e peso corporal dos tratamentos de 10, 12, 14 e 12 % de PB em manutenção dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus estão sumariados na tabela 19. Houve interação do grupo genético com peso corporal. Não houve diferença para peso corporal dos tourinhos dos tratamentos 12 e 14% de PB ($p > 0,05$). Os valores médios do peso corporal dos animais no tratamento de manutenção diferiu dos valores médios obtidos para os animais dos demais tratamentos ($p < 0,05$).

O peso corporal dos tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus foram maiores quando comparados aos tourinhos da raça Nelore dos tratamentos 10, 12 e 14 % proteína bruta ($p < 0,05$). Porém, não se observou diferença dos valores médios do peso corporal dos animais do tratamento de manutenção entre os genótipos estudados ($p > 0,05$).

Tabela 19: Interação dos genótipos com o peso corporal (kg) de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos adietas com diferentes percentuais de proteína bruta (PB)

Genótipos	Tratamentos (% de PB)
-----------	-----------------------

	10	12	14	12, Manutença
Nelore	294,3 ± 4,8 Bb	314,3 ± 3,3 Ba	332,8 ± 4,8 Ba	205,04 ± 5,4 Ac
NelorexAngus	349,3 ± 4,8 Ab	355,7 ± 4,4 Aa	370,5 ± 4,9 Aa	221,0 ± 5,4 Ac

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores médios da interação das faixas etárias com a raça para peso corporal dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus estão sumariados na tabela 20. Houve diferença para peso corporal dos tourinhos de ambos os genótipos para a faixa etária 14 – 16 meses de idade quando comparados com as faixas etárias de 8 - 10 e 11 – 13 meses de idade ($p < 0,05$). Porém, não houve diferença os valores médios obtidos dos animais das faixas etárias de 8 -10 e 11 – 13 meses de idade entre os genótipos ($p > 0,05$). Porém, os valores médios do peso corporal na faixa etária 14 – 16 meses de idade dos animais mestiços Nelore x Aberdeen Angus foram maiores quando comparados aos valores obtidos para os animais da raça Nelore ($p < 0,05$).

Tabela 19: Interação da faixa etária com a raça para o peso corporal (kg) de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos a dietas com diferentes percentagens de proteína bruta (PB)

Genótipos	Faixas Etárias (meses de idade)		
	8 – 10	11 – 13	14 – 16
Nelore	226,4 ± 4,2 Ac	287,0 ± 4,2 Ab	346,5 ± 4,2 Ba
F1 Nelore x Angus	242,8 ± 4,2 Ac	323,9 ± 4,2 Ab	405,6 ± 4,2 Aa

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores médios para perímetro escrotal em relação a faixa etária e tratamentos de 10, 12, 14 % de PB e 12% de PB em manutenção dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus estão sumariados na tabela 21. Houve interação dos tratamentos

com faixa etária. Não houve diferença entre tratamentos na faixa etária de 8 – 10 meses de idade para perímetro escrotal ($p>0,05$). As faixas etárias 14 – 16 meses de idade dos tratamentos 12, 14 % e manutenção diferiram quando comparados com as outras faixas etárias ($p<0,05$), porém, não houve diferença entre os valores médios para as faixas etária 8 – 10 e 11 – 13 meses de idade ($p>0,05$). O tratamento com dieta com 10 % de PB diferiram entre todas as faixas etárias analisadas ($p<0,05$).

Tabela 21: Interação dos tratamentos com a faixa etária para o perímetro escrotal (cm) de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos a dietas com diferentes percentuais de proteína bruta (PB)

Faixa etária (meses)	Tratamentos (% de PB)			
	10	12	14	Mantença
08-10	24,6 ± 0,8 Ca	24,2 ± 0,7 Ba	24,2 ± 0,8 Ba	21,3 ± 0,9 Ba
11-13	28,4 ± 0,6 Ba	27,2 ± 0,5 Ba	26,7 ± 0,6 Ba	23,1 ± 0,6 Bb
14-16	32,7 ± 0,8 Aa	34,0 ± 0,7 Aa	32,1 ± 0,8 Aa	25,5 ± 0,9 Ab

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p<0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores médios de perímetro escrotal para raça nos tratamentos de 10, 12, 14 % de PB e 12% de PB em manutenção dos tourinhos estão sumariados na tabela 22. Não houve diferença para perímetro escrotal dos tourinhos dos tratamentos 10, 12 e 14 % de PB ($p>0,05$). Os valores médios do perímetro escrotal dos animais de ambos os genótipos no

tratamento com 12 % de PB em manutenção foram menores quando comparados com os valores dos demais tratamentos ($p < 0,05$).

O perímetro escrotal dos tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus no tratamento 12 % de PB e 12% de PB manutenção foi maior quando comparados com os tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Nos demais tratamentos, os valores médios não diferiram com a raça ($p > 0,05$).

Tabela 22: Interação dos tratamentos com genótipos para o perímetro escrotal (cm) de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos a dietas com diferentes percentuais de PB

Genótipos	Tratamentos (% de PB)			
	10	12	14	12, Manutença
Nelore	27,5 ± 0,6 Aa	27,2 ± 0,5 Ba	26,4 ± 0,6 Aa	20,8 ± 0,7 Bb
Nelore x Angus	29,7 ± 0,6 Aa	29,8 ± 0,5 Aa	28,9 ± 0,6 Aa	25,6 ± 0,7 Ab

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores médios do perímetro escrotal para as faixas etárias dos tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus estão sumariados na tabela 23. Houve diferença para os valores médios do perímetro escrotal dos tourinhos, sendo maior para a faixa etária dos 14 – 16 meses de idade quando comparados com as demais faixas etárias ($p < 0,05$).

Os valores médios do perímetro escrotal dos tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus foi maior na faixa etária 8 – 10 e 11 e 13 meses de idade quando comparados aos tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Entretanto, não houve diferença dos valores médios entre os genótipos dos tourinhos na faixa etária de 14 – 16 meses de idade ($p > 0,05$).

Tabela 23: Interação faixa etária com genótipo para o perímetro escrotal (cm) de tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos a dietas com diferentes percentuais de proteína bruta (PB).

Genótipos	Faixas Etárias
-----------	----------------

	8 – 10	11 – 13	14 - 16
Nelore	22,0 ± 0,6 Bc	24,5 ± 0,4 Bb	30,0 ± 0,6 Aa
Nelore x Angus	25,2 ± 0,6 Ac	28,2 ± 0,4 Ab	32,2 ± 0,6 Aa

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Houve interação entre os genótipos e os tratamentos (tabela 24). Os valores médio do peso corporal dos animais mestiços Nelore x Aberdeen Angus dos tratamentos com 10e 12% de PB foram maiores quando comparados aos valores dos tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Quando avaliados as concentrações de PB em relação ao peso corporal dos tourinhos da raça Nelore e Mestiços Nelore x Aberdeen Angus, os valores médios foram maiores para os animais submetidos aos tratamento 14% PB e 10% de PB em comparação ao tratamento com dieta de 12% de PB em manutenção ($p < 0,05$).

Tabela 24: Interação do genótipo com dietas para peso corporal (Kg) em tourinhos da raça Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen Angus, submetidos a dietas com diferentes percentuais de PB

Tratamentos (% de PB)	Genótipos	
	Nelore	Nelore x Angus
10	376,3 ± 13,2 Bb	483,0 ± 17,6 Aa
12	421,7 ± 9,4 Bab	494,7 ± 17,0 Aa
14	438,1 ± 12,2 Aa	497,4 ± 13,9 Aa
12, Manutenção	220,4 ± 6,8 Ac	244,2 ± 0,8 Ab
CV %	7,3	

Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os resultados para índice gonadossomático dos animais nos tratamentos 10, 12, 14 % de PB e 12 % de PB em manutenção estão sumariados na tabela 25. O índice gonadossomático

dos animais no tratamento manutenção 12 % de PB foi maior para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus em comparação aos registrados para os animais da raça Nelore do tratamento de manutenção ($p < 0,05$).

Tabela 25: Interação do genótipo com dietas para índice gonadossomático em tourinhos, criados em manejo intensivo, submetidos a dietas com diferentes percentuais de PB

Tratamento (% de PB)	Genótipos	
	Nelore	Nelore x Angus
10	0,12 ± 0,028 Aa	0,09 ± 0,010 Aa
12	0,12 ± 0,008 Aa	0,11 ± 0,005 Aa
14	0,09 ± 0,008 Aa	0,09 ± 0,007 Aa
12, Manutença	0,06 ± 0,016 Ba	0,14 ± 0,014 Aa
CV %	25,11	

Letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Baseado nos valores obtidos para o índice gonadossomático verificou-se que os valores médios para os animais nos tratamento 10, 12 e 14 % de PB não diferiram entre os mesmo ($p > 0,05$). Porém, o valor médio para os tourinhos mestiços Nelore x Aberdeen Angus do tratamento de manutenção de 12 % de PB foi maior em relação aos tourinhos da raça Nelore ($p < 0,05$). Portanto, pode-se inferir que os tourinhos da raça Nelore foram mais tardios em comparação aos tourinhos mestiços em restrição alimentar. Este índice é um método simples e eficiente, sendo um bom indicador do período reprodutivo em diferentes espécies, principalmente em animais de comportamento reprodutivo sazonal.

CONCLUSÕES

De acordo com as observações realizadas no presente estudo, há diferenças nas características de peso corporal, biometria testicular *post-mortem*, diâmetro tubular, altura do epitélio seminífero e perímetro escrotal dos tourinhos Nelore e mestiços Nelore x Aberdeen

Angus alimentados com diferentes dietas, sendo relacionadas ao manejo e status nutricional que os animais sejam submetidos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAOUF, M. The postnatal development of the reproductive organs in bulls with special reference to puberty. **Acta Endocrinology**, v.49, p.1-19. 1960. (Suppl.)

AMANN, R.P. Reproductive capacity of dairy bulls. Spermatogênese and testicular germ cell degeneration. **American Journal of Anatomy**, v.110, p. 69 – 78. 1962.

BARROS, J.B.G.; DE PAULA, T.A.; PINTO S.L.; FONSECA, C.C.; MELO, F.R.; DOS ANJOS, L.B. Morfometria testicular e dos túbulos seminíferos de leões-africanos (*panthera Leo*, Linnaeus, 1758) adultos, em cativeiro. **Revista Ceres**, v. 53, p. 523-530. 2006.

CARDOSO, F.M. **Morfologia, cinética e quantificação da espermatogênese em Zebus (*Bós indicus*)**, Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 1981, 2008p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, 1981.

CASTRO, V.M.; VALE FILHO, V.R.; REIS, S.R. Puberdade e maturidade sexual em touros Nelore criados a pasto na região de Montes Carlos, Minas Gerais. **Congresso Mineiro de Medicina Veterinária**. Belo Horizonte, Anais; Escola de Veterinária UFMG, p. 18. 1990.

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, p.345-347. 1996.

FRANÇA, L.R.; GODINHO, C.L. Testis morphometry, seminiferous epithelium cycle length and daily sperm production in cats (*Felis catus*). **Biology of Reproduction**, v. 68; p. 1554 – 1561. 2003.

FRENEAU, G.E. **Biopsia testicular aberta efetuada na puberdade e na pós-puberdade e suas conseqüências sobre a gametogênese e o sêmen de touro Nelore**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Programa de Pós-Graduação em Medicina veterinária. UFMG, Belo Horizonte, 1996.

GARNERO, A.V.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos de características alternativas na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1999. p.162.

GODINHO, H.P.; CARDOSO, F.M. Desenvolvimento sexual de porcos Yorkshire. Estabelecimento e evolução da espermatogênese. **Arquivo Escola Veterinária**, v. 31, p. 351 – 361. 1979.

GUIMARÃES, J.D. **Avaliação andrológica e estudos quantitativos e qualitativo da espermatogênese de touros F1 mestiços Holandês x zebu e Red Angus x Zebu.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 186p. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, UFMG, Belo Horizonte-MG, 1997

GUIMARÃES, J.D.; GUIMARÃES, S.E.F.; SIQUEIRA, J.B.; PINHO, R.O.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.; SILVA, M.R.; BORGES, J.C. Seleção e manejo reprodutivo de touros zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.379-388, 2011.

GUIÃO LEITE FL.; PAULA, T.A.R. Rendimento intrínseco da espermatogênese, o índice de células de Sertoli e a produção espermática diária da onça parda (*Puma concolor*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.27, p. 21-26, 2003.

HOSHINO P.; NAKAGHI L.S.O.; PACHECO, M.R.; LUI, J.F.; MALHEIROS, E.B. Morfometria dos túbulos seminíferos e ductos epididimários de cães e gatos provenientes de cirurgia de castração. **Biotemas**, v.15, p.97- 110. 2002.

MARTIN, L.C.; BRINKS, J.C.; BOURDON, R.M.; CUNDIFF, L.V. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v.70, p.4006-4014. 1992.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle (short communication). **Revista Brasileira de Genética**, v.14, p.209-212. 1991

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

MUÑOZ, E.M.; FOGAL, T.; DOMINGUEZ, S.; SCARDAPANE, L.; GUZMAN, J.; CAVICCHIA, J.C.; PIEZZI, R.S. Stages of the cycle of the seminiferous epithelium of the viscacha (*Lagostomus maximul maximus*). **Anatomical Record**, v.52, p.8-16. 1998.

PENITENTE - FILHO, J.M.P.; NEVES, J.G.S.; DA MATTA, S.L.P.; TORRES, C.A.A.; CHAYA, A.Y.; DE PAULA, T.A.R. Morphometric evaluation of the spermatogenic process of adults wistar rats exposed to the 2,4diclorophenoxyiacetic acid associated to picloram (TORDON 2,4-D® 64/240 BR), **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, p.47-53. 2014.

RUSSELL, L.D.; CHANDRASHEKAR, V.; BARTKE, A.; SINHA-HIKIM, A.P. The hamster Sertoli cell in early testicular regression and early recrudescence: a stereological and endocrine study. **Int Journal of Andrology**, v.17, p.93-106. 1994.

SANTOS, M.D.; PORTILHO, F.K.; RUAS, J.R.M; FREITAS, S.H.; COSTA, D.S.; SIMÕE, M. Morfologia testicular e qualidade espermática de touros da raça Nelore, submetidos à dieta contendo gossipol. **Revista brasileira de Ciência. Veterinária**, v.15, p. 134-139. 2008

SHARPE, R.M. Regulation of spermatogenesis. **In:** KNOBIL, E.; NEIL, J.D. (Eds.) *The physiology of reproduction*. New York: Raven Press, 2.ed., p.1363-1434. 1994

SINHA-HIKIM, A.P.; SINHA-HIKIM, I.S.; AMADOR, A.G.; BARTKE, A.; WOOLF, A.; RUSSELL, L.D. Reinitiation of spermatogenesis by exogenous gonadotropins in a seasonal breeder, the woodchuck (*Marmota monax*), during gonadal inactivity. **American Journal of Anatomy**, v.192, p.194-213. 1991.

SILVA, C.A.; PERRI, S.H.; KOIVISTO, M.B.; SILVA, A.M.; CARVALHO, R.G.; MONTEIRO, C.M.R. Aspectos histológicos e morfométricos dos testículos de gatos domésticos (*Felis catus*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29, p.312-316. 2009.

SILVA, L.H.P. **Efeito do plano nutricional prévio sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça e da carne de machos nelore não castrados terminados em confinamento**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2014, 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UFV, Viçosa, 2014.

SIQUEIRA, J.B. **Maturidade sexual de touros da raça nelore, filhos de vacas superprecoces, precoces e normais, criados em condições extensivas**. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, 2009, 160p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Botucatu, São Paulo, 2009.

VALADARES FILHO, S.C; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR CORTE**. Segunda ed. Viçosa-MG: Suprema Gráfica LTDA, 2010.

VAZ DE MELO, M.I. **Desenvolvimento testicular e dinâmica da espermatogênese de búfalos mestiços de 10 a 24 meses de idade**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1991, 66p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Conselho de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, UFMG,1991.

4. CAPITULO II. USO DE MODELOS NÃO-LINEARES NO ESTUDO DO CRESCIMENTO DO PERÍMETRO ESCROTAL EM FUNÇÃO DA IDADE DE TOUROS DA RAÇA NELORE, CRIADOS EM MANEJO EXTENSIVO.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar oito modelos não lineares para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal (PE) em função da idade, em touros da raça Nelore em manejo extensivo. Na análise foram utilizadas 32.635 mensurações de perímetro escrotal provenientes de 12.974 touros da raça Nelore com idade de 18 meses até 170 meses. Foram avaliados os modelos não-lineares LOGÍSTICO, BRODY, GOMPERTZ, RICHARDS, Von BERTALANFFY, TANAKA, Exponencial negativo e JANOSCHEK e seus parâmetros obtidos pelo método iterativo de Gauss-Newton usado para a estimação dos parâmetros para cada modelo não-linear, usando o *Proc NLIN* do *Statistical Analysis System*. O parâmetro A é o valor à maturidade, B é uma constante de integração, K é o índice que indica a taxa de maturidade, e nos modelos TANAKA e RICHARDS, m determina o ponto de inflexão. No

modelo TANAKA, A é o tamanho do perímetro escrotal indeterminado, B e k ajustam a forma da curva. Os modelos foram avaliados pelos parâmetros e erro padrão, Coeficiente de determinação (R^2), Soma de quadrado dos erros (ESS), Erro médio de predição (APE), Desvio absoluto médio (MAD). O modelo BRODY foi escolhido para análise dos efeitos do local de origem e do ano de nascimento dos animais sobre os parâmetros A e k . Os modelos de RICHARDS e de JANOSCHEK não convergiram. O parâmetro A foi similar para os modelos LOGÍSTICO (39,87 cm), BRODY (39,95 cm), GOMPertz (39,91 cm), Von BERTALANFFY (39,92 cm) e Exponencial negativo (39,65 cm). O modelo LOGÍSTICO estimou o maior valor para o parâmetro B (1,25 cm), seguido do modelo GOMPertz (1,00 cm), BRODY (0,80 cm), Von BERTALANFFY (0,31 cm) e TANAKA (0,20 cm). O parâmetro k apresentou a maior estimativa para o modelo LOGÍSTICO (0,00264 cm), seguido pelo modelo GOMPertz (0,00245 cm), Von BERTALANFFY (0,00238 cm) e BRODY (0,00226 cm). O modelo TANAKA estimou o ponto de inflexão aos 596 dias de idade com 31,03 cm de perímetro escrotal. O modelo TANAKA teve as melhores estimativas de ajuste entre os modelos avaliados. O maior R^2 foi observado pelo modelo indeterminado TANAKA (0,432). Os modelos assintóticos apresentaram valores semelhantes de R^2 . Todos os modelos não lineares apresentaram valores semelhantes de ESS, APE e MAD. O local e ano de nascimento mostraram efeito significativo sobre a curva de crescimento do perímetro escrotal de touros da raça Nelore. De maneira geral, todos os modelos apresentaram alguma tendência de sub e superestimar o perímetro escrotal. Os resultados obtidos permitiram concluir que o modelo TANAKA, seguido do modelo BRODY foram os modelos mais adequados para descrever o perímetro escrotal em função da idade de touros da raça Nelore criados em manejo extensivo.

Palavras-chave: modelos não lineares, perímetro escrotal, curva de crescimento, Nelore

Abstract

The objective of this study was to compare eight nonlinear models to describe the growth curve of the scrotal circumference (SC) related to age in Nelore bulls in extensive management. In the analysis, 32,635 scrotal circumference measurements were used from 12,974 Nelore bulls with age of 18 months up to 170 months. The nonlinear models Logistic, Brody, Gompertz, Richards, Von Bertalanffy, Tanaka, Negative Exponential and Janoschek were evaluated and their parameters were obtained by the Gauss-Newton iterative

method were used for the estimation of the parameters for each nonlinear model, and were evaluated using Proc NLIN from the Statistical Analysis System. Parameter A is the value at maturity, B is an integration constant, K is a maturity index and in the Tanaka and Richards models m determines the inflection point. In the Tanaka model, A is the size of the indeterminate scrotal circumference; B and k adjust the shape of the curve. The models were evaluated by the parameters and standard error, coefficient of determination (R^2), error sum of squares (ESS), average prediction error (APE) and mean absolute deviation (MAD). The Brody model was chosen to analyze the effects of the locate of origin and the year of birth of the animals on the parameters A and k. The Richards and Janoschek models did not converge. The parameter A was similar for Logistic (39.87 cm), Brody (39.95 cm), Gompertz (39.91 cm), Von Bertalanffy (39.92 cm) and Negative Exponential (39.65 cm) models. The logistic model estimated the highest value for parameter B (1.25 cm), followed by the Gompertz (1.00 cm), Brody (0.80 cm), Von Bertalanffy (0.31 cm) and Tanaka (0.20 cm). The parameter k presented the highest estimate for the logistic model (0.00264 cm), followed by Gompertz (0.00245 cm), Von Bertalanffy (0.00238 cm) and Brody (0.00226 cm). The Tanaka model estimated the inflection point at 596 days of age with 31.03 cm of scrotal circumference. The Tanaka model had the best fit among evaluated models, including the highest R^2 (0.432). The asymptotic models presented similar values of R^2 . All nonlinear models presented similar values of ESS, APE and MAD. The location and year of birth showed a significant effect on the growth curve of the Nellore bull scrotal perimeter. In general, all the models presented some tendency to sub and overestimate the scrotal perimeter. The results obtained allowed us to conclude that the Tanaka and Brody models were the most adequate to describe the scrotal perimeter according to the age of Nellore bulls raised in extensive management.

Key Words: Nonlinear models, scrotal circumference, growth curve, Nellore

Introdução

O perímetro escrotal (PE) é uma medida utilizada na seleção para precocidade sexual em programas de melhoramento genético, principalmente por ser de fácil mensuração, por apresentar alta repetibilidade e apresentar de moderada a alta herdabilidade (0,24 a 0,71) (GRESSLER et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2007).

O crescimento do perímetro escrotal é descrito por uma curva sigmoide, com uma fase inicial mais lenta, seguida de um aumento da taxa de crescimento que coincide com a puberdade, havendo, posteriormente, crescimento lento, indicativo da maturidade sexual (BERGMANN et al., 1998), ocorrendo o desenvolvimento mais intenso dos testículos entre os 12 e 18 meses de idade.

Vários pesquisadores têm utilizado os modelos não lineares como tentativa de representar o crescimento animal e perímetro escrotal com base na idade, já que os mesmos apresentam três ou quatro parâmetros, alguns com interpretação biológica que podem ser facilmente comparáveis entre diferentes fases de produção (QUIRINO et al., 1999; FREITAS, 2005; GARNERO et al., 2005; SANTORO et al., 2005; GOMEZ et al., 2008; TORAL, 2008; HIROOKA, 2010; LOAIZA-ECHEVERRY et al., 2013).

Os modelos não lineares apresentam diferença na qualidade de ajuste (POSADA e NOGUERA, 2007). Além disso, a escolha do modelo mais adequado para estimar ou descrever o crescimento do perímetro escrotal em função da idade é dependente de fatores como genéticos, ambientais, nutricionais, raça, manejo e por fatores intrínsecos, como idade, sexo e status fisiológicos (BRODY, 1945; TATMAN et al., 2004; THORNLEY & FRANÇE, 2005).

Os modelos não lineares podem ser empregados para descrever a curva de crescimento, porém eles podem se diferenciar uns dos outros em termos de resultados e aplicação devido às diferenças de adequação entre os mesmo em diferentes raças (FERNANDES et al., 2013).

A grande importância desses parâmetros no melhoramento genético animal fundamenta-se na possibilidade de detectar animais mais pesados em idade mais precoces, permitindo conhecer a função de crescimento de uma população (THOLON & QUEIROZ, 2009).

O objetivo deste estudo foi comparar alguns modelos não lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal e identificar o(s) modelo (s) mais adequado, e posteriormente relacioná-lo à interpretação biológica das estimativas dos parâmetros em touros da raça Nelore criados em manejo extensivo em três estados brasileiros.

Material e Métodos

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para o Uso de Animais - CEUA/UFV, processo nº 04/2016, em 14 de maio de 2016.

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de touros da raça Nelore criados em manejo extensivo de três fazendas localizadas nos estados de São Paulo (Fazenda São Francisco), Mato Grosso do Sul (Fazenda Lageado) e Bahia (Fazenda Mombin), nascidos entre os anos 1996 e 2014, de propriedade da empresa Agropecuária CFM Ltda. Estes dados fazem parte de um banco de dados de exames andrológicos realizados anualmente para verificar a fertilidade dos reprodutores empregados no manejo reprodutivo do rebanho das três fazendas e àqueles animais destinados a comercialização, no qual foi disponibilizado para a realização do presente estudo pelo Médico Veterinário responsável pelos exames andrológicos (Dr. José Domingos Guimarães, CRMV MG 5379).

Fazendas e manejo do rebanho

Fazenda São Francisco (São Paulo)

A fazenda está localizada no município de Magda - SP, coordenadas geográficas 20° 38' 34" de latitude Sul e 50° 13' 32" longitude Oeste e altitude de 505 metros . A região apresenta temperatura média anual 22,0 °C e a pluviosidade anual média de 1.200 mm.

Fazenda Lageado (Mato Grosso do Sul)

A fazenda está localizada no município de Dois Irmãos do Buriti - MS, coordenadas geográficas 20° 40' 48" de latitude Sul e 55° 17' 6" longitude Oeste e altitude de 303 metros . A região apresenta temperatura média anual 23,3 °C e a média de precipitação pluviométrica anual de 1.400 mm.

Fazenda Mombin (Bahia)

A fazenda está localizada no município de Correntina – BA, coordenadas geográficas 13° 20' 36" de latitude Sul e 44° 38' 12" longitude Oeste e altitude de 561 metros . A região apresenta temperatura média anual 23,9 °C e a média de precipitação pluviométrica anual de 939 mm.

Nas três fazendas as estações de parição ocorrem entre os meses de agosto e novembro. Após o nascimento, os bezerros são mantidos com suas mães em pastagens de *Brachiaria spp*, com fornecimento de água e sal mineral *ad libitum* o ano todo, a desmama é feita quando os animais atingem sete a oito meses de idade. De acordo com o manejo sanitário das fazendas, todos os animais são vacinados contra febre aftosa, raiva, e clostridiose, e no mês de

novembro, os animais com menos de 24 meses de idade recebem reforço contra febre aftosa, e as outras vacinas citadas anteriormente são realizadas anualmente.

Todos os animais são rotineiramente pesados para avaliar o desenvolvimento corporal e submetidos pela primeira vez ao exame andrológico. Os tourinhos que estão próximos do período de comercialização (após 18 meses de idade) são suplementados com cana de açúcar e ureia durante o período da seca ou até sua comercialização. Os animais integram um programa de melhoramento genético próprio da fazenda e reconhecido pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento - MAPA.

Medida do perímetro escrotal

As mensurações do perímetro escrotal foram realizadas na região de maior diâmetro dos testículos, utilizando uma fita métrica. As medições foram obtidas anualmente na ocasião dos exames andrológicos pré-estação de monta, iniciando-se aos 18 meses de idade até o último exame andrológico no qual foi submetido antes do presente estudo.

Foram realizadas 32.635 mensurações do perímetro escrotal de 12.974 touros da raça Nelore. Os dados foram distribuídos de acordo com o local, idade e pelo ano de nascimento das três fazendas como mostrado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Distribuição dos exames andrológicos por estado e idade dos touros da raça Nelore

Estado	Mensurações (n)	Idade (meses)	Mensurações (n)
São Paulo	24305	≤ 24	23765
Mato Grosso Sul	7581	> 24 ≤ 48	6243
Bahia	749	> 48	2627

Tabela 2: Distribuição dos exames andrológicos de acordo como ano de nascimento dos touros da raça Nelore

Ano de nascimento	Mensurações (n ^o)	Ano de nascimento	Mensurações (n ^o)
1996	5	2006	5907
1997	417	2007	1452
1998	785	2008	2232
1999	1814	2009	443
2000	1596	2010	1614
2001	2217	2011	890
2002	1828	2012	721
2003	1518	2013	550

2004	5904	2014	762
2005	1980		

Análises Estatísticas

Modelos não lineares

As estimativas das curvas de crescimento do perímetro escrotal (PE) foram obtidas por meio de sete modelos não-lineares assintóticos e um modelo não linear indeterminado (Tabela 3). Modelos assintóticos descrevem o crescimento que nunca excede uma assíntota horizontal enquanto o modelo de TANAKA permite crescimento indeterminado sem uma assíntota (BILGIN et al., 2004; LOAIZA-ECHEVERRI et al., 2013).

Tabela 3: Modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento do perímetro escrotal em função da idade em touros da raça Nelore

Modelos	Equação
LOGÍSTICO	$PE_t = A/(1 + Be^{(-kt)})$
BRODY	$PE_t = A(1 - Be^{(-kt)})$
GOMPERTZ	$PE_t = Ae^{(-Be^{(-kt)})}$
RICHARDS	$PE_t = A(1 - Be^{(-kt)})^m$
Von BERTALANFFY	$PE_t = A(1 - Be^{(-kt)})^3$

TANAKA	$PE_t = (1/\sqrt{B}) \ln \left(\left 2B(t - m) + 2\sqrt{B^2(t - m)^2 + AB} \right \right) + k$
Exponencial negativo	$PE_t = A(1 - e^{(-kt)})$
JANOSCHEK	$PE_t = A - (A - B)e^{(-kt^m)}$

PE = Perímetro escrotal; \hat{A} = Assíntota, perímetro escrotal à maturidade; \hat{B} = constante de integração; \hat{k} = taxa de maturidade; \hat{m} = ponto de inflexão.

De acordo aos modelos não lineares usados neste estudo para modelar a relação PE/idade, PE_t é o perímetro escrotal em t dias de idade; A é o valor de PE à maturidade; B indica a proporção do tamanho testicular maduro assintótico a ser obtido após o nascimento, é estabelecido pelo valor inicial de PE e t ; e k é o índice de maturidade e estabelece a precocidade com que o valor de PE se aproxima de A . O parâmetro m molda a curva de crescimento e determina seu ponto de inflexão, que é o ponto em que o crescimento desacelera e a fase de inibição começa, até atingir o tamanho de PE à maturidade (NOTTER et al., 1985; QUIRINO et al., 1999). No modelo de TANAKA, A é o tamanho escrotal indeterminado, B e k ajustam a forma da curva e m é idade que se observa o ponto de inflexão, este parâmetro é o único com interpretação biológica neste modelo (BILGIN et al., 2004; LOAIZA-ECHEVERRI et al., 2013).

Os pontos de inflexão e as idades ao ponto de inflexão foram calculados de acordo com as seguintes equações:

Modelo LOGÍSTICO (NOTTER et al., 1985):

$$PI = \frac{\hat{A}}{2} e Idade = \frac{\ln(\hat{B})}{\hat{k}}$$

Modelo GOMPERTZ (NIETO et al., 2006):

$$PI = \hat{A} \times 0.368 e Idade = \ln \left(\frac{\ln(0.368)}{-\hat{B}} \right) / \hat{k}$$

Modelo Von BERTALANFFY (NIETO et al., 2006):

$$PI = \hat{A} \times 0.2963 e Idade = \ln \left(1 - \left(\left(\hat{A} \times \frac{0.3}{\hat{A}} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \right) / \hat{k}$$

Modelo JANOSCHEK (HAYWARD et al., 2009):

$$Idade = \left(\frac{\hat{k}-1}{\hat{B}k} \right)^{1/\hat{k}}$$

Os modelos de BRODY e Exponencial Negativo usados neste estudo não possuem ponto de inflexão de acordo com o modelo proposto por Beltran et al. (1992) e Kopuzlu et al. (2014). Nos modelos de TANAKA, RICHARDS e JANOSCHEK, o ponto de inflexão é determinado pelo parâmetro m .

O método iterativo de Gauss-Newton foi usado para a estimação dos parâmetros para cada modelo não linear, usando o *Proc NLIN* do *Statistical Analysis System* (SAS, 2002).

Comparação dos modelos

Todos os modelos foram comparados usando os seguintes critérios propostos por Loaiza-Echeverri et al. (2013):

Coefficiente de determinação (R^2): que determina a porcentagem da variação em Y explicada pelo modelo estatístico. O valor de R^2 foi calculado a partir do quadrado do coeficiente de correlação (r) amostral entre as observações e os seus valores preditos.

Soma de quadrado dos erros (*error sum of squares* – **ESS):** foi calculado pela fórmula $ESS = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / n$, em que o desvio de uma observação Y_i é calculado a partir de sua própria média estimada \hat{Y}_i .

Erro médio de predição (*average prediction error* – **APE):** quantifica o erro relativo entre os valores preditos e observados para cada idade específica, calculado por $APE(\%) = \left[\frac{VR - PVR}{VR} \right] \times 100$, em que VR e PVR são as médias dos valores observados e preditos, respectivamente, para cada variável resposta para cada idade específica.

Desvio absoluto médio (*mean absolute deviation* – **MAD):** foi estimado por $MAD = \sum |Y_i - \hat{Y}_i| / n$, em que Y_i é o valor observado e \hat{Y}_i é o valor predito.

Os valores de ESS, APE e MAD foram calculados agrupando as idades (em dias) baseando-se em meses.

Com base nas métricas descritas anteriormente, o modelo com o melhor ajuste foi selecionado e a taxa absoluta de crescimento (*absolute growth rate* – **AGR**) foi calculada a partir da primeira derivada do modelo ajustado $\left(\frac{\partial Y}{\partial t} \right)$ em relação ao tempo (idade). O valor de **AGR** mostra a taxa de crescimento por unidade de tempo.

Efeito do ano de nascimento e local de origem dos animais sobre os parâmetros A e k

Após a escolha do modelo com melhor ajuste, foram avaliados os efeitos do local de origem e do ano de nascimento dos animais sobre os parâmetros A e k . Os anos de nascimento foram agrupados em três períodos, 1996-2002, 2003-2008 e 2009-2014 e foram avaliados em cada estado de origem dos animais, com exceção do período de 1996-2002 no estado da Bahia devido ao reduzido número de animais. Os efeitos de local e ano foram avaliados por meio do teste para verificação de igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não linear (REGAZZI, 2003). Este teste, baseado na estatística F , foi realizado após o ajuste de um modelo reduzido e um modelo completo, as hipóteses testadas foram: $H_0: \hat{A}_1 = \hat{A}_2$; H_a : não H_0 ; e $H_0: \hat{k}_1 = \hat{k}_2$; H_a : não H_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

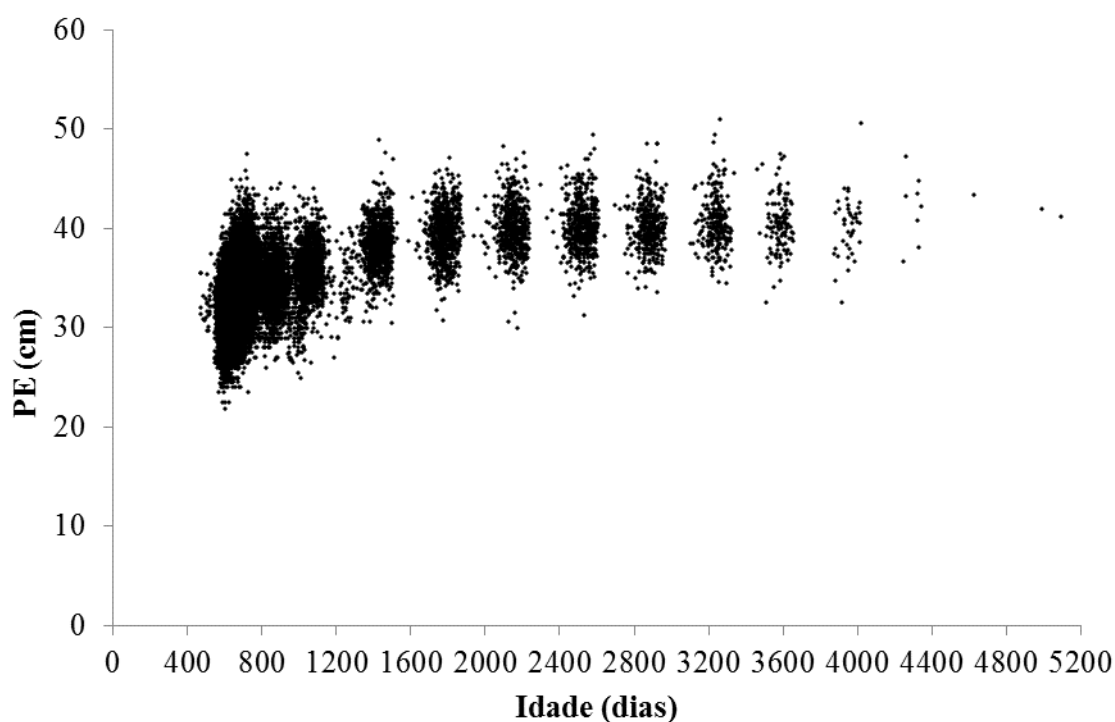


Figura 1: Perímetro escrotal observados de acordo a idade em touro da raça Nelore, criados em manejo extensivo.

Dos oito modelos não lineares apresentados na Tabela 3, os modelos de RICHARDS e de JANOSCHEK não convergiram e não produziram parâmetros biologicamente interpretáveis e foram removidos da análise.

Na Tabela 4 estão sumariados os parâmetros estimados, com seus respectivos erros padrão dos modelos LOGÍSTICO, BRODY, GOMPERTZ, Von BERTALANFFY, TANAKA e Exponencial Negativo empregados no presente estudo.

Com base na estimativa da assíntota (parâmetro A), os modelos LOGÍSTICO, BRODY, GOMPERTZ, Von BERTALANFFY e Exponencial Negativo apresentaram valores estimados médios semelhantes de perímetro escrotal à maturidade dos touros criados em manejo extensivo.

No presente estudo, o modelo LOGÍSTICO apresentou a maior estimativa do parâmetro B entre os modelos avaliados, seguido pelo modelo GOMPERTZ, BRODY, Von BERTALANFFY.

O índice de maturidade (k) foi semelhante para os modelos GOMPERTZ e Von BERTALANFFY, mas foi ligeiramente superior para o modelo logístico, e o modelo BRODY estimou o menor valor, quando comparado aos demais modelos assintóticos empregados.

O parâmetro m , que indica o ponto de inflexão do crescimento do perímetro escrotal, foi de $596 \pm 6,2$ dias com 31,03 cm de perímetro escrotal pelo modelo de TANAKA. Porém o único parâmetro interpretável do modelo TANAKA é o ponto de inflexão (Tabela 4).

No presente estudo, o modelo de RICHARDS não atingiu o critério de convergência, e não estimou valores para assíntota (perímetro escrotal à maturidade). Este fato também foi verificado por Quirino et al. (1999) quando avaliaram o crescimento do perímetro escrotal (PE) em touros da raça Nelore; por Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touros da raça Guzerá e por Bilgin et al. (2004) em carneiro da raça Awassi. Porém, em alguns trabalhos o modelo de RICHARDS se ajustou aos dados de crescimento do PE, tais como os de Delgado et al. (2000) em tourinhos da raça Retinta espanhola. Vale ressaltar que o presente estudo foi realizado com animais a partir de 18 meses de idade, possivelmente, a falta de mensurações de PE com idade menores foi uma limitação para o ajuste deste modelo.

Brown et al. (1976); Sarmiento et al., (2006); Carneiro et al. (2009) relataram que as dificuldades verificadas pelo modelo de RICHARDS é a alta correlação negativa entre os parâmetros m e B , e o parâmetro m é variável, havendo maior flexibilidade por não fixar o ponto de inflexão. Este modelo apresenta maiores dificuldades no processo iterativo de ajuste das estimativas.

Tabela 4: Parâmetros estimados (\pm erro padrão) de acordo com o modelo utilizado para descrever o crescimento do perímetro escrotal (PE) em touros da raça Nelore, criados em manejo extensivo

Modelo	\hat{A}	\hat{B}	\hat{k}	\hat{m}
LOGÍSTICO	39,9±0,06	1,2507±0,0346	0,00264±0,000049	-
BRODY	39,9±0,06	0,8068±0,0199	0,00226±0,000044	-
GOMPERTZ	39,9±0,06	1,0026±0,0262	0,00245±0,000046	-
Von BERTALANFFY	39,9±0,06	0,3107±0,00796	0,00238±0,000046	-
TANAKA	1030,9±95,8	0,2064±0,00876	23,6089±0,2242	596,0±6,2
Exponencial negativo	39,6±0,04	0,00264±0,0000096	-	-

\hat{A} = Assíntota, perímetro escrotal à maturidade; \hat{B} = constante de integração; \hat{k} = taxa de maturidade, estabelece a precocidade com que o valor de PE se aproxima de \hat{A} ; \hat{m} = ponto de inflexão, em dias.

No presente estudo, as assíntotas (parâmetro A) apresentaram similares estimativas para todos os modelos assintóticos estudados, com o modelo Exponencial negativo apresentando as menores estimativas. Alguns estudos apresentaram menores estimativas aos obtidos pelo modelo de BRODY sobre o perímetro escrotal à maturidade em touros da raça Nelore (QUIRINO et al., 1999), e outros estudos, como os de Delgado et al. (2000), Martin Nieto et al. (2003), Nieto et al. (2006), Parma et al. (2006) e Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touros, apresentaram maiores estimativas para o parâmetro A.

Nieto et al. (2006) relataram que o parâmetro B relaciona o crescimento do perímetro escrotal do nascimento até a maturidade, assim, valores elevados do parâmetro B representam baixo grau de desenvolvimentos testicular. No presente estudo, os valores estimados para o parâmetro B foram inferiores para todos os modelos avaliados quando comparados aos reportados por Quirino et al. (1999), Parma et al. (2006), Neves et al. (2011) em estudos com touros da raça Nelore; por Loaiza-Echeverri et al. (2013) para a raça Guzerá e aos valores reportados por Martin Nieto et al. (2003) para a raça Canchim. Adicionalmente, os valores diferiram dentro da mesma raça em diferentes tipos de criação (pasto, suplementados e confinados) (Nieto et al., 2006). Porém, os valores obtidos no presente estudo para o parâmetro B do modelo BRODY foram similares para touros da raça Nelore, reportados por Martin Nieto et al. (2003), em touros da raça Guzerá por Loaiza-Echeverri et al. (2013) e inferiores aos valores registrados por Nieto et al. (2006) para a raça Canchim, criados no manejo de suplementação.

O parâmetro k (índice de maturidade) indica a velocidade de crescimento, visando atingir o valor assintótico (A) a partir da medida inicial do PE. O mesmo está diretamente

relacionado com a taxa de crescimento e determina a inclinação da curva. Vale ressaltar que quanto maior for o valor de k , mais rápido o animal se aproxima ao PE assintótico. No presente estudo, o parâmetro k apresentou valores similares para os modelos LOGÍSTICO, BRODY, GOMPERTZ e Von BERTALANFFY. Para os modelos LOGÍSTICO, BRODY e GOMPERTZ os valores estimados do parâmetro k do presente trabalho foram inferiores ao reportado por Quirino et al. (1999) em touros da raça Nelore; similares para o modelo LOGÍSTICO avaliado por Neves et al. (2011) em touros da raça Nelore. O modelo LOGÍSTICO foi similar ao reportado por Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touros da raça Guzerá e para os modelos BRODY, GOMPERTZ e Von BERTALANFFY, o parâmetro k foi superior aos reportados por Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touros da raça Guzerá. No entanto, o modelo LOGÍSTICO foi inferior ao reportado por Martin Nieto et al. (2003) e similar para os demais modelos avaliados em touros da raça Canchim e na mesma raça em diferentes tipos de criação (pasto, suplementados e confinado). Em outro estudo, Nieto et al. (2006) registraram valores superiores para o modelo LOGÍSTICO, valores inferiores para o modelo BRODY, valores similares para os modelos GOMPERTZ e Von BERTALANFFY em relação ao presente estudo.

O parâmetro m indica o ponto de inflexão da curva de crescimento do perímetro escrotal, passando de uma fase de auto aceleração (crescimento rápido) para uma fase de auto-inibição (fase decrescente) (FITZHUGH, 1976). O modelo TANAKA no presente estudo foi o melhor em estimar o valor do ponto de inflexão. Este fato foi observado por Loaiza-Echeverri et al. (2013) onde o modelo TANAKA teve o melhor ajuste em prever o perímetro escrotal em touro da raça Guzerá. Em estudo realizado por Bilgin et al. (2004) em carneiro da raça Awassi, os autores verificaram que o modelo TANAKA apresentou o melhor ajuste em estimar o crescimento do perímetro escrotal.

Quirino et al. (1999) ao analisarem a curva de crescimento do PE de animais da raça Nelore, por meio do modelo Logístico, verificaram o ponto de inflexão aos 13,09 meses de idade e com média de perímetro escrotal de 18,97 cm. No mesmo sentido, Delgado et al. (2000) trabalhando com a raça Retinto, o modelo LOGÍSTICO para descrever a curva do crescimento do PE, verificaram o ponto de inflexão aos 118 dias de idade e 18,97 cm de PE.

Segundo Neves et al. (2011) o ponto de inflexão estimado, ocorreu quando a PE alcançou 20,0 cm. A idade no ponto de inflexão foi de 11,32 meses de idade. De acordo com a curva obtida, o PE sofreu decréscimo na taxa de crescimento após o ponto de inflexão até próximo aos 36 meses de idade. Os referidos autores consideraram que o modelo Logístico foi

o mais adequado para descrever o crescimento do PE em função da idade dos touros da raça Nelore, criado em manejo extensivo.

Os valores da correlação entre os parâmetros A, B, k e m dos modelos não-lineares estão sumariados na tabela 5.

Na análise de correlação dos parâmetros A, B, o modelo TANAKA teve o maior valor seguido pelo modelo BRODY, Von BERTALANFFY, GOMPERTZ E LOGÍSTICO. Os parâmetros A, k apresentaram correlação moderada, e o menor valor de correlação positiva foi dada pelo modelo TANAKA. Porém, quanto maior for assíntota, maior será a taxa de crescimento e os parâmetros B, k .

Tabela 5: Correlações estimadas entre os parâmetros dos modelos não lineares para avaliar o crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados em manejo extensivo

Modelos	Correlações					
	A,B	A,k	B,k	A,m	B,m	K,m
Logístico	-0,46	-0,66	0,97	-	-	-
Brody	-0,56	-0,72	0,97	-	-	-
Gompertz	-0,51	-0,69	0,97	-	-	-
Von Bertalanffy	-0,53	-0,7	0,97	-	-	-
Tanaka	0,58	0,64	0,98	0,83	0,88	0,93
Exponencial negativo	-	-0,93	-	-	-	-

\hat{A} = Assíntota, perímetro escrotal à maturidade; \hat{B} = constante de integração; \hat{k} = taxa de maturidade, estabelece a precocidade com que o valor de PE se aproxima de \hat{A} ; \hat{m} = ponto de inflexão; *($p < 0,05$).

McManus et al. (2003) apontam que a relação de maior interesse para a curva está nos parâmetros A e k , e a correlação negativa entre esses dois parâmetros indica que animais com maiores taxas de crescimento tem menor probabilidade de alcançar valores assintóticos mais elevados, quando comparados com aqueles animais que crescem mais lentamente. De acordo com Moreira et al. (2016), os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz apresentaram correlação alta e negativa entre os parâmetros A e k .

O Ponto de inflexão (PI), idade ao ponto de inflexão, coeficiente de determinação (R^2), soma de quadrado dos erros (ESS), erro médio de predição (APE) e desvio absoluto médio (MAD) para os modelos não-lineares utilizados no presente estudo para descrever o crescimento do perímetro escrotal em touros estão sumariados nas tabelas 6 e 7.

O modelo TANAKA estimou o PI aos 596 dias de idade com 31,03 cm, sendo considerado o melhor modelo quando comparado com os outros modelos avaliados. É importante ressaltar que o modelo de BRODY não possui ponto de inflexão e o modelo Von BERTALANFFY apresentou valor negativo à idade no ponto de inflexão.

Tabela 6: Perímetro escrotal ao ponto de inflexão (dias) em touros da raça Nelore, criados em manejo extensivo, e analisados por meio de diferentes modelos não-lineares

Modelos	PI	Idade ao PI (dias)
LOGÍSTICO	19,94	84,74
BRODY	-	-
GOMPERTZ	14,69	1,19
Von BERTALANFFY*	11,83	-
TANAKA	31,03	596,0
Exponencial negativo	-	-

* Idade no ponto de inflexão com valor negativo,
PI: Pontos de inflexão;

O maior R^2 foi observado pelo modelo TANAKA. Os modelos assintóticos apresentaram valores semelhantes de R^2 . Além disso, todos os modelos apresentaram valores semelhantes de ESS, APE e MAD, porém, o modelo TANAKA apresentou valor de ESS o menor seguido pelo modelo de Brody (Tabela 7). O menor valor absoluto de APE foi observado pelo modelo Von BERTALANFFY (-0,606) seguido pelo modelo TANAKA (-

0,630). Entre os modelos avaliados, o TANAKA teve o MAD mais baixo, seguido pelo modelo de Brody.

Tabela 7: Parâmetros de ajuste dos modelos não lineares utilizados para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal em touros Nelore criados em manejo extensivo

Modelos	R ²	ESS	APE	MAD
LOGÍSTICO	0,418	7,137	-0,699	2,103
BRODY	0,420	7,107	-0,668	2,099
GOMPERTZ	0,419	7,122	-0,691	2,101
Von BERTALANFFY*	0,420	7,117	-0,606	2,100
TANAKA	0,432	6,965	-0,630	2,083
Exponencial negativo	0,420	7,117	-0,683	2,102

R²: coeficiente de determinação; ESS: soma de quadrado dos erros; APE: erro médio de predição e MAD: desvio absoluto médio,

Quirino et al. (1999) descreve o ponto de inflexão como o período que acontece uma rápida proliferação de parênquima testicular, indicando o início da puberdade nos tourinhos.

Conforme Brito et al. (2004) touros da raça Nelore com maior perímetro escrotal no período pré-pubere, atinge a puberdade mais precoce quando comparado com touros que foram mais tardios para alcançar a maturidade.

O R² é utilizado para comparar a qualidade do ajuste dos modelos com diferentes números de parâmetros. Quando maior for o valor de R² melhor ajuste ou mais adequado é o modelo (VARGAS, et al. 2000). No presente estudo, os valores de R² apresentaram valores semelhantes para todos os modelos analisados. Portanto, o R² estimou o maior valor para o modelo TANAKA quando comparados com os outros modelos assintóticos. Porém, o valor estimado para R² foi inferior em todos os modelos avaliados em relação aos reportados por Quirino et al. (1999), Parma et al. (2006) e Neves et al. (2011) em touros da raça Nelore; Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touros da raça Guzerá; Delgado et al. (2000) em touros da raça Retinta; Maartin Nieto et al. (2003) e Nieto et al. (2006) em touros da raça Canchim; Bilgin et al. (2004), Jimenez-Severiano et al. (2010) e Karakus et al. (2010) em carneiros.

No presente estudo o modelo TANAKA apresentou o menor valor de ESS. Resultados similares foram reportados por Loaiza-Echeverri et al. (2013) em touro Guzerá.

Os modelos de Brody e Tanaka apresentaram as melhores qualidades de ajuste. As curvas do crescimento PE em função da idade ajustadas pelos modelos BRODY e TANAKA estão mostradas na figura 2. No presente estudo, o modelo BRODY o perímetro escrotal em touros na fase adulta não ultrapassa os 40 cm, no entanto, nas avaliações andrológicas foram registrados valores superiores.

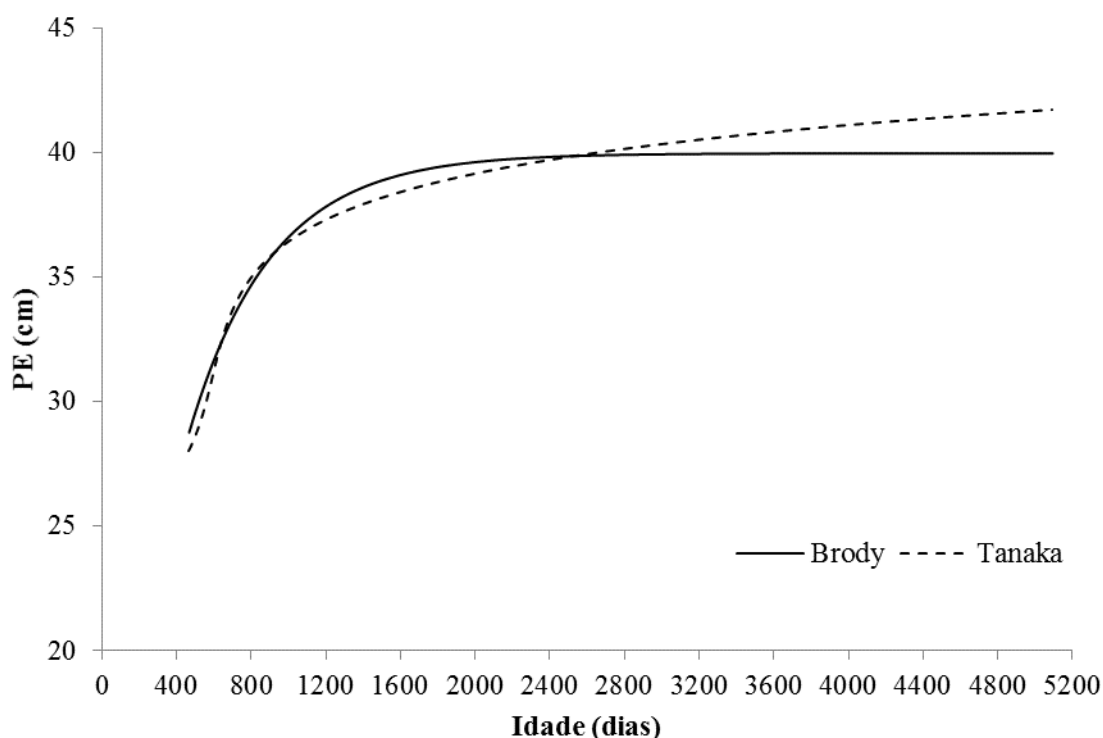


Figura 2: Curvas de crescimento estimados do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, descritas por dois modelos não-lineares BRODY e TANAKA

As distribuições dos erros médios de predição (APE) para os modelos de BRODY e TANAKA estão apresentadas na figura 3. Os valores de APE calculados para os modelos de BRODY e TANAKA mostraram padrão semelhante, com pequenas diferenças observadas desde os 540 dias até 4000 dias de idade. Contudo, a partir dos 4000 dias de idade o modelo TANAKA apresentou valores menores de APE quando comparado ao modelo BRODY.

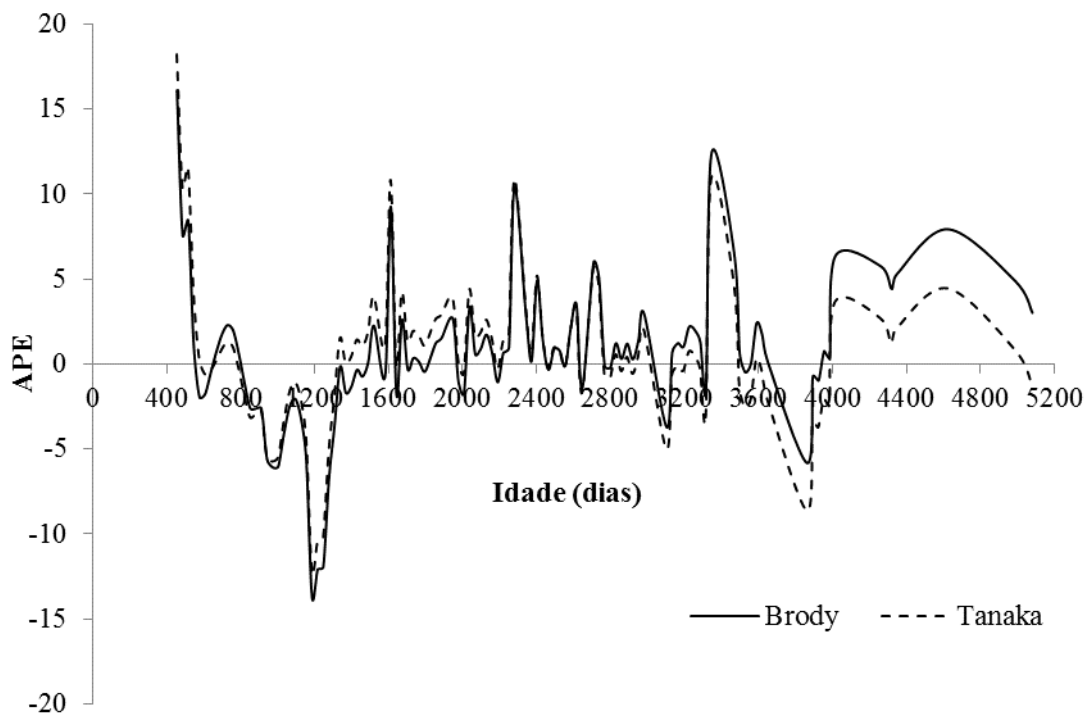


Figura 3: Distribuição dos erros médios de predição dos modelos de Brody e Tanaka em touros da raça Nelore, criados em manejo extensivo

O desvio absoluto médio (MAD) refere-se a estimativa da diferença absoluta entre os valores observados e estimados (VARGAS et al. 2000). Quanto menor o valor de MAD, melhor será o ajuste do modelo. Nos presente estudo foram observadas pequenas diferenças entre os modelos Brody e Tanaka (Figura 4). Os valores de MAD foram semelhantes até aos 4000 dias de idade, a partir dos 4000 dias, o modelo TANAKA apresentou menor valor de MAD. No presente estudo, o modelo de BRODY apresentou maior MAD em relação ao modelo TANAKA, este fato também foi observado por Loiza-Echeverri et al. (2013) em touros da raça Guzerá e por Carneiro et al. (2009) quando utilizado para descrever o crescimento do perímetro escrotal em caprinos da raça Mambrina.

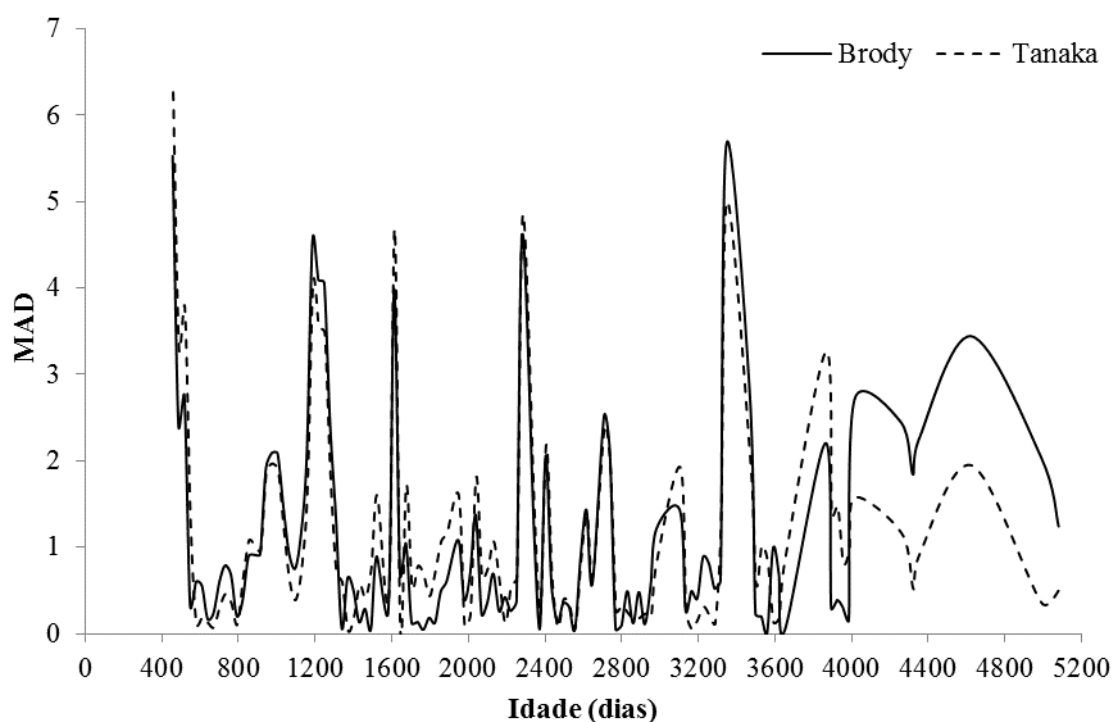


Figura 4: Distribuição do desvio absoluto medio (MAD) definido pelo modelo de BRODY e TANAKA aos dados de perímetro escrotal em touros da raça Nelore

Para a avaliação da taxa de crescimento absoluto (AGR) do perímetro escrotal e dos efeitos do local e ano sobre a curva de crescimento escrotal foi escolhido o modelo de BRODY, pois permite a interpretação biológica dos parâmetros. A taxa de crescimento absoluto está apresentada na figura 5.

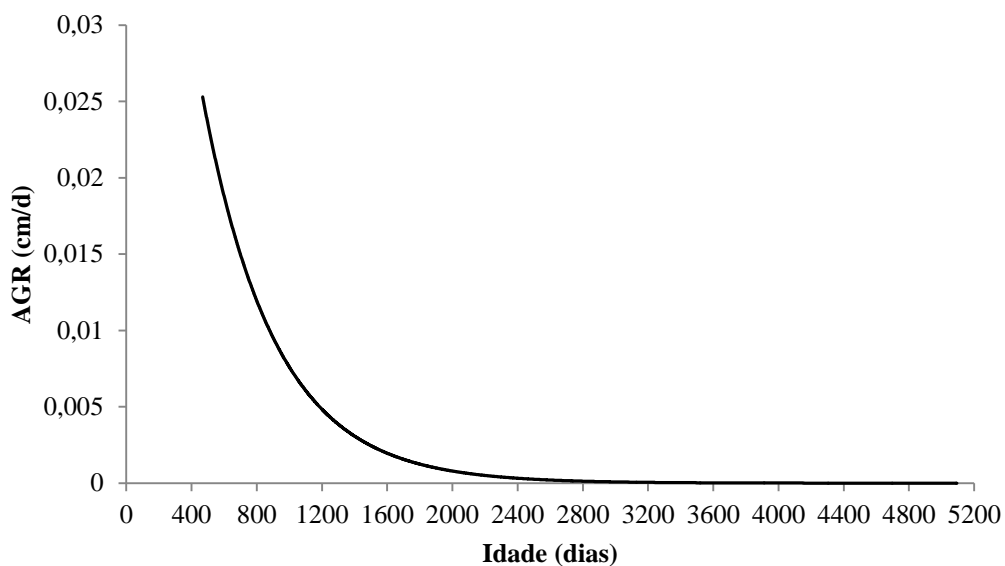


Figura 5: Taxa de crescimento absoluto (AGR) do perímetro escrotal em touro da raça Nelore baseado no modelo de BRODY

Loaiza-Echeverri et al. (2013) verificaram maior da taxa de crescimento do perímetro escrotal em touro da raça Guzerá, quando os dados foram analisados por modelo LOGÍSTICO, que estimou o ponto de inflexão aos 12,9 meses de idade, coincidindo com o início da puberdade dos animais estudados pelos autores. Porém, o modelo TANAKA estimou o ponto de inflexão aos 19,3 meses de idade e com 23,6 cm de perímetro escrotal. Os autores reportaram diminuição da taxa de crescimento do PE observada pelo modelo TANAKA desde o ponto de inflexão até os 37 meses de idade.

Vale ressaltar que após atingir o ponto de inflexão, a taxa de crescimento do perímetro escrotal começa a diminuir gradativamente. Sarmiento et al. (2006) concluíram que a taxa de crescimento absoluto é crescente até atingir o máximo e depois decresce com a idade, e a diminuição da taxa de crescimento absoluto do PE, antes de atingir o ponto de inflexão, pode ser resultado de manejo inadequado de nutrientes, para acompanhar a maior demanda de nutrientes em virtude do crescimento animal.

Henry et al. (2013) obtiveram diferentes taxas de crescimento absoluto de perímetro escrotal em Buffalos da raça Jaffarabadi, entre 0,016 cm/dia a 0,023 cm/dia entre 358 a 497 dias de idade, para a raça Mediterrânea, os valores entre 0,020 cm/dia a 0,022 cm/dia aos 156 e 243 dias de idade e para a raça Murrah, os valores entre 0,017 cm/dia a 0,020 cm/dia aos 167 e 493 dias de idade. Os referidos autores concluíram que a avançada idade ao ponto de

inflexão em Bubalinos da raça Jaffarabadi foi devido ao atraso no início da fase de crescimento do perímetro escrotal.

Comparações das curvas de crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados nos estados de São Paulo, Mato grosso do Sul e Bahia podem ser observadas na figura 6. O local de criação (estado) mostrou efeito significativo sobre a curva de crescimento do perímetro escrotal. Houve diferença ($P < 0,05$) entre as assíntotas para os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul ($SP = 40,0881 \pm 0,0749$; $MS = 39,6659 \pm 0,1111$, respectivamente). A assíntota calculada para o estado da Bahia ($BA = 40,1292 \pm 0,8751$) não diferiu das demais assíntotas ($P > 0,05$). As taxas de maturidade diferiram ($P < 0,05$) entre os animais criados nos três estados, sendo o maior valor verificado no estado de Mato Grosso do Sul ($MS = 0,00296 \pm 0,000114$) seguido pelo estado de São Paulo ($SP = 0,00208 \pm 0,000047$) e o estado da Bahia ($BA = 0,00122 \pm 0,000290$).

A comparação das curvas de crescimento do perímetro escrotal entre os anos estudados dentro de cada estado está apresentada nas figuras 7, 8 e 9. Houve efeito significativo dos anos sobre as curvas em todos os estados. Na Bahia, os anos de 1996 até 2002 foram removidos da análise devido ao baixo número amostral.

No estado da Bahia, o valor da assíntota nos anos de 2003-2008 foi maior ($P < 0,05$) quando comparados aos anos 2009-2014 ($A_{2003-2008} = 39,2462 \pm 0,7114$; $A_{2009-2014} = 37,4026 \pm 0,4719$). Os valores de k também diferiram ($P < 0,05$) entre os anos ($k_{2003-2008} = 0,00225 \pm 0,000363$, $k_{2009-2014} = 0,00602 \pm 0,00119$).

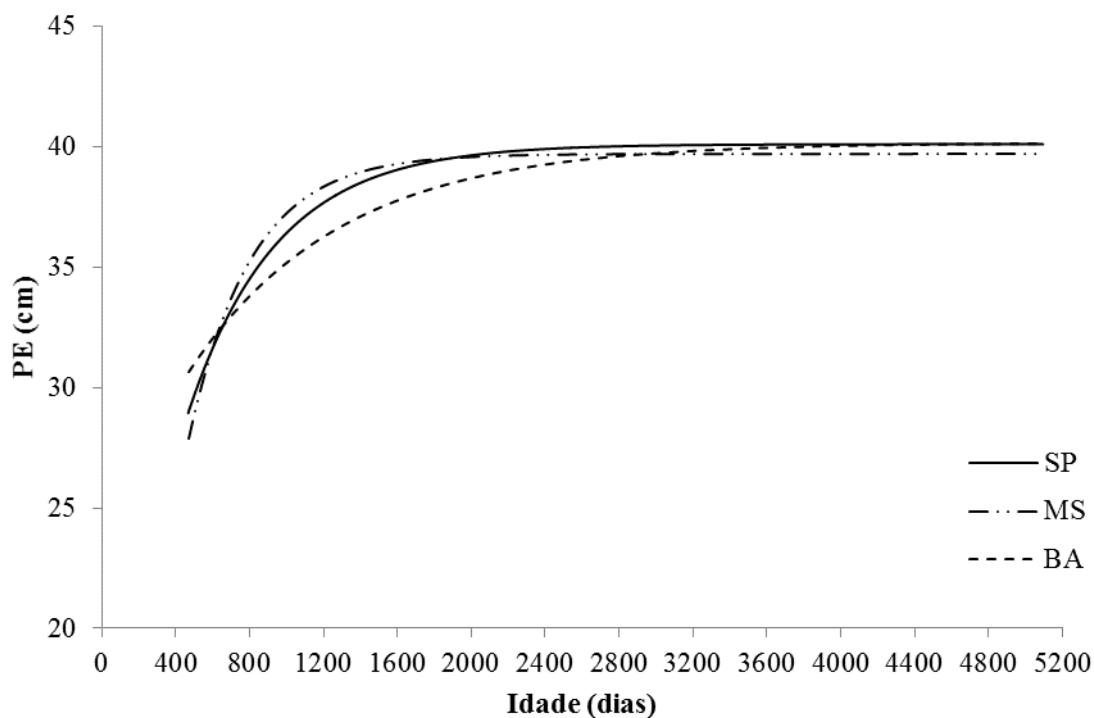


Figura 6: Curvas do crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia, analisados pelo modelo não linear de BRODY

Nas análises dos dados oriundos do estado do Mato Grosso do Sul, não houve efeito ($P > 0,05$) dos anos sobre os valores da assíntota ($A_{1996-2002} = 39,6686 \pm 0,3658$; $A_{2003-2008} = 39,7297 \pm 0,1785$ e $A_{2009-2014} = 39,4779 \pm 0,1289$). Porém, houve efeito dos anos sobre os valores de k ($P < 0,05$), sendo que o maior valor foi verificado nos anos de 2009-2014 ($0,00393 \pm 0,000207$) seguido por 2003-2008 ($0,00272 \pm 0,000141$) e 1996-2002 ($0,00175 \pm 0,000253$).

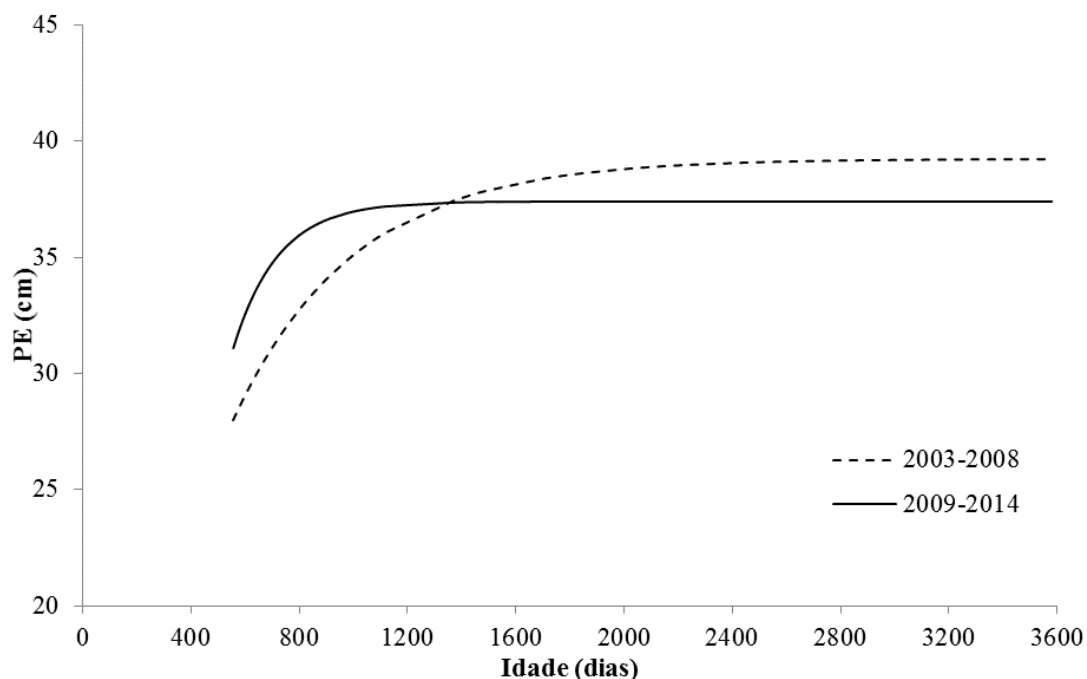


Figura 7: Curva do crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados no estado da Bahia entre os anos 2003 a 2014, analisados pelo modelo não linear de BRODY

Pode ser observado que ao longo do tempo a taxa de crescimento foi maior, porém a assíntota se manteve. Pode-se concluir que os animais nascidos no estado de Mato Grosso do Sul entre os anos de 2009 a 2014 apresentaram maior PE aos 596 dias de idade, possivelmente, se deve a pressão de seleção imposta aos animais por meio do programa de melhoramento genético para precocidade sexual.

O comportamento das curvas observado na figura 8, pode-se inferir que mesmo aqueles animais com menor PE nos anos avaliados, não devem ser descartados do rebanho, visto que na idade adulta eles atingem o mesmo tamanho do PE quando comparados àqueles animais mais precoce e com maior PE na maturidade.

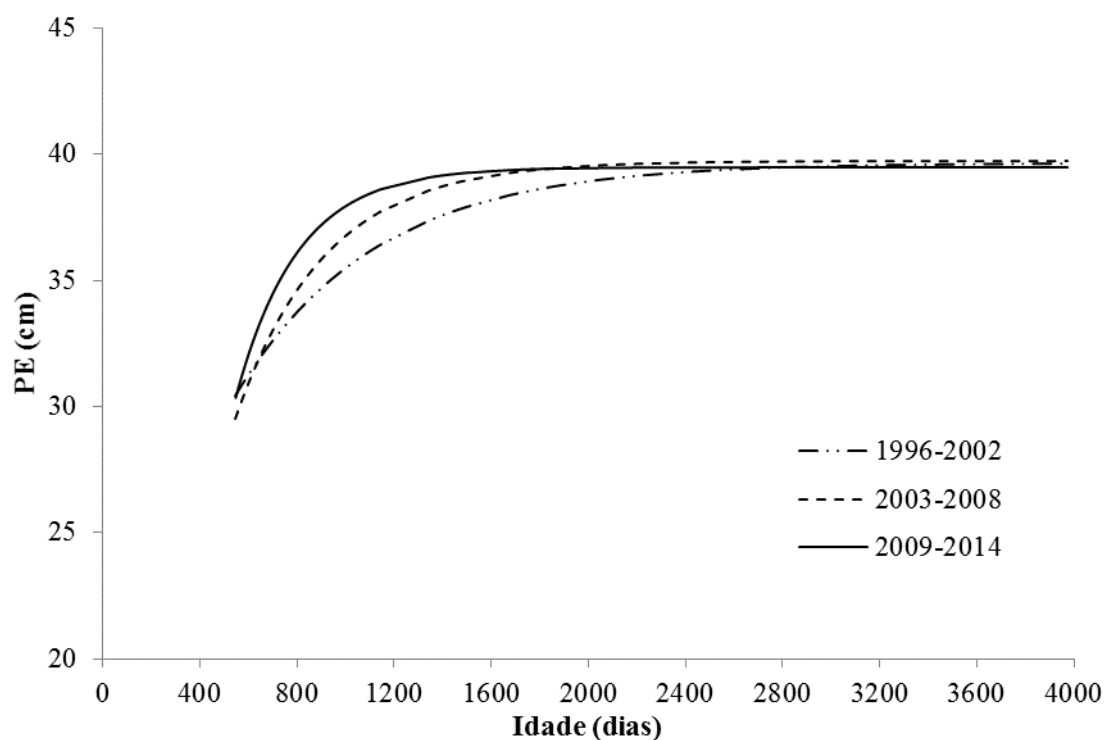


Figura 8: Curva do crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados no estado de Mato Grosso do Sul, de 1996 a 2014, analisados pelo modelo não linear de BRODY

Nas análises de dados dos animais criados no estado de São Paulo, houve efeito dos anos sobre os valores de assíntota ($P < 0,05$). A assíntota nos anos 2003-2008 ($39,9479 \pm 0,0890$) foi menor quando comparados com os anos 1996-2002 ($40,4500 \pm 0,1623$) e 2009-2014 ($41,3686 \pm 0,5953$), não sendo observada diferença entre as duas últimas ($P > 0,05$).

Houve efeito dos anos sobre os valores de k ($P < 0,05$). O valor de k nos anos 2003-2008 ($0,00235 \pm 0,000064$) foi maior quando comparados com os anos 1996-2002 ($0,00142 \pm 0,000066$) e 2009-2014 ($0,00146 \pm 0,000334$), estes dois últimos, por sua vez, não diferiram entre si ($P > 0,05$).

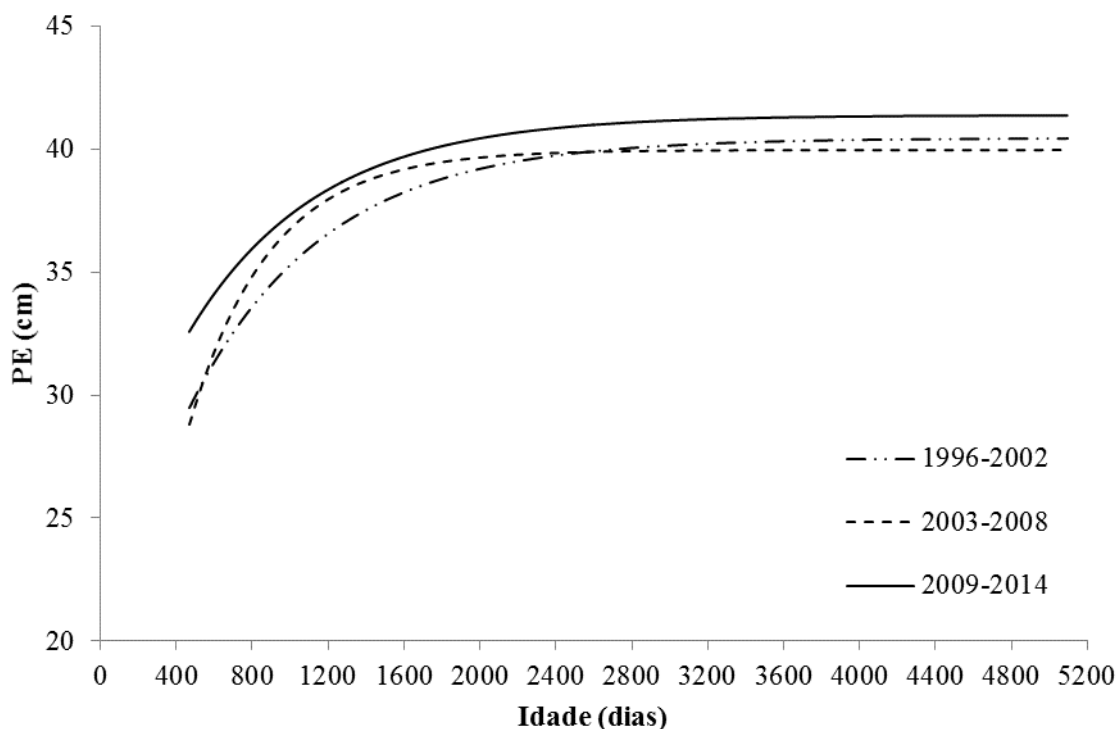


Figura 9: Curva do crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados no estado de São Paulo, de 1996 a 2014, analisados pelo modelo não linear de Brody

No presente estudo, houve diferença entre os valores observados para os diferentes locais e anos de sobre a curva de crescimento do perímetro escrotal estimado pelo modelo de Brody. Da mesma forma, Loaiza-Echeverri et al. (2013) utilizando o modelo Logístico, os autores observaram que nas fazendas, os anos e estação de nascimento afetaram significativamente os parâmetros A e k . No estudo realizado por Tatman et al. (2004), os autores concluíram que a estação de nascimento afetou o desenvolvimento sexual de touros da raça Brahman, e ressaltaram que os touros que nasceram na estação da seca apresentaram maiores assíntotas, quando comparados com aqueles que nasceram na estação chuvosa. Os autores relatam que possivelmente o fotoperíodo pode estar envolvido na regulação da função testicular após da puberdade. Moreira et al. (2016) observaram o efeito de ano de nascimento afetou significativamente os parâmetros A e k , sugerindo que a seleção dos animais de acordo com o crescimento favoreceu a precocidade, com o passar das gerações.

Silva et al. (2001) ressaltaram que é importante o estudo de fatores ambientais (sexo, ano, mês de nascimento) e genéticos em relação às características de crescimento em bovinos de corte, sua influência sobre o peso corporal adulto e a taxa de maturidade.

Malhado et al. (2009) observaram os efeitos ambientais sobre o modelo (manejo de criação, sexo, fazenda, mês e ano de nascimento) influenciando os valores dos parâmetros A e k . Porém, quando avaliadas as correlações entre os parâmetros A e K , as mesmas foram negativas e próximas ($r = -0,62$ e $r = -0,61$) tanto para machos e fêmeas, respectivamente. Os autores concluíram que as fêmeas foram mais precoces e de menor peso à maturidade em relação aos machos. De acordo com McManus et al. (2003) a relação entre A e k é a mais importante biologicamente.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que em relação aos modelos não lineares empregados no presente estudo, o modelo indeterminado Tanaka apresenta o melhor ajuste na descrição da curva de crescimento do perímetro escrotal em touros da raça Nelore, criados em manejo extensivo;

Entre os modelos não lineares utilizados para a análise de estimativas da curva de crescimento do perímetro escrotal, em função do local de criação (São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia), o modelo de Brody é o que permite a interpretação biológica dos parâmetros;

Os modelos não lineares podem ser utilizados para estimar a curva do crescimento do perímetro escrotal de touros da raça Nelore e conseqüentemente serem empregados na seleção de animais com maior taxa de crescimento do PE, visando a seleção para precocidade sexual.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAN, J.J.; BUTTS, W.T.; OLSON, J.R.; KOGER, M. Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 734–41. 1992.

BERGMANN, J.A.G. et al. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls, **In: World Congress On Genetics Applied To Livestock Production**, 6, Armidale, Abstracs... Armidale. p. 67-70. 1998.

BERTALANFFY, L. VON. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, v. 32, p. 270-230. 1957.

BILGIN, O.C.; EMSEN, E.; DAVIS, M.E. Comparison of nonlinear models for describing the growth of scrotal circumference in Awassi male lambs. **Small Ruminants Research**, v. 52, p. 155–60. 2004.

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

BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C. Effect of nutrition during calthood 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.

BRODY, S. **Bioenergetics and Growth, With Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals**. Reinhold Publishing Co, New York, 1945.

BROWN, J.E.; FITZHUGH, H.A.; CARTWRIGHT, T.C. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal Animal Science**, v. 42, p. 810–818. 1976.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; AFFONSO, P.R.; PEREIRA, D.G.; SUZART, J.C.C.; RIBEIRO, J.M.; ROCHA, J.L. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina,

criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 536–545. 2009.

DELGADO, C.; VALERA, M.; MOLINA, A.; JIMENEZ, J.M.; RODERO, A. Circunferência escrotal como predictor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: curvas de crecimiento en el vacuno retinto, **Archivos de Zootecnia**, v, 49, p, 229-240. 2000.

EMSEN, E. Testicular development and body weight gain from birth to 1 year of age of Awassi and Redkaraman sheep and their reciprocal crosses, **Small Ruminants Research**, v. 59, p,79-82. 2005.

FERNANDES, G.A.; FERNANDES, F.F.D.; MOUSQUER, C.J.; SILVA, M.R.; FREIRIA, L.B.; FEIJO, L.C.; FERREIRA, V.B.; SILVA, A.S. Modelos não lineares na descrição do crescimento ponderal de bovinos de corte. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 7, Ed. 246, Art. 1628. 2013.

FITZHUGH, H. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**. v. 42, p. 1036 – 1051. 1976.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v,34, p,786 - 795, 2005.

GARNERO, A.D.V.; MARCONDES, C.R.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 652-662. 2005.

GÓMEZ, D.A.A.; MUÑOZ, M.F.C.; BETANCUR, L.F.R. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v. 21, p.39-58. 2008.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; PENNA, V.M.; PEREIRA, J.C.C.; GRESSLER, M.G.M, Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 427–437. 2000.

HAYWARD, J.L.; HENSON, S.M.; BANKS, J.C.; LYN, S.L. Mathematical modeling of appendicular bone growth in glaucous-winged gulls. **Journal of Morphology**, v. 270, p. 70-82. 2009.

HENRY, M.; BRITO, M.F.; LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; DE OLIVEIRA, C.H.S.; GIBSON, A.F.B.; NEVES, B.P.; ANDRADE, G.O.; MELO, I.O.; BASTIANETTO, E. Scrotal circumference growth curves of Buffalo bulls of different breeds raised in Brazil. **Buffalo Bulletin**. v. 32, p. 439-442. 2013.

HIROOKA, H. Systems approaches to beef cattle production systems using modeling and simulation. **Animal Science Journal**, v.81, p.411–424. 2010.

JIMÉNEZ-SEVERIANO, H.; REYNOSO, M.L.; ROMÁN-PONCEC, S.I.; ROBLEDO, V.M. Evaluation of mathematical models to describe testicular growth in Blackbelly ram lambs. **Theriogenology**, v. 74, p. 1107–1114. 2010.

KARAKUŞ, K.; EYDURAN, E.; AYGÜN, T.; JAVED, K. Appropriate growth model describing some testicular characteristics in norduz male lambs. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 20, p. 1-4; 2010.

KOPUZLU, S.; SEZGIN, E.; ESENBUGA, N.; BILGIN, O.C., Estimation of growth curve characteristics of Hemsin male and female sheep. **Journal of Applied Animal Research**, v. 42, p. 228–232. 2014.

LAIRD, A. K. Dynamics of relative growth. *Bar Harbor*, v. 29, p. 249-263. 1966.

LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORAL, F.L.B.; OSORIO, J.P.; CARMO, A.S.; MENDOÇA, L.F.; MOUSTACAS, V.S.; HENRY, M. Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. **Theriogenology**, v. 79, p. 751–759. 2013.

MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; AZEVEDO, D.M.M.R.; MELLO, P.R.A.; PEREIRA, D.G.; SOUZA, J.C.; MARTINS FILHO, R. Modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento de bovinos da raça Nelore no estado da Bahia: 1, Efeito ambiental. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 10, p. 821-829. 2009.

MARTIN NIETO, L.; SILVA, L.O.C.; ROSA, A.N.; GONDO, A. Análise da curva de crescimento da circunferência escrotal de touros da raça Canchim e do grupo genético MA. **Archives of Veterinary Science**, v. 8, p. 75-79. 2003.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C.; MIRANDA, R.M.; MORENO-BERNAL, F.E.; SANTOS, N.R. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1207-1212. 2003.

MENDES, P.N.; MUNIZ, J.A.; FONSECA e SILVA, F.; MAZZIN, A.R.A. Modelo logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1984-1990. 2008.

MOREIRA, R.P.; MERCADANTE, M.E.Z.; PEDROSA, V.B.; CYRILLO, J.N.S.G.; HENRIQUE, W. Growth curves on females of the Caracu breed. **Semina**. Ciências Agrárias. v. 37, p. 2749 - 2758. 2016.

NEVES, A.L.A.; DELREI, A.J.; SANTOS, M.P. Crescimento testicular de touros da raça Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23 (4) Article #93, 2011. [from <http://www.lrrd.org/lrrd23/4/neve23093.htm>].

NELDER, J.A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, v. 17, p. 89-110. 1961.

NIETO, L.; SILVA, L.O.C.; GONDO, A. Análise da curva de crescimento do perímetro escrotal de touros Canchim em diferentes sistemas de criação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 9, p. 99–103. 2006.

NOTTER, D.R.; LUCAS, JR; McCLAUGHERTY, F.S.; COPENHAVER, J.S. Breed group differences in testicular growth patterns in spring-born ram lambs. **Journal Animal Science**, v. 60, p. 622–631. 1985.

OLIVEIRA, M.M.; ROTA, E.L.; DIONELLO, N.J.; AITA, M.F. Herdabilidade e correlações genéticas do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto com características produtivas em bovinos de corte: revisão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 141–146. 2007.

OSORIO, J.P.; HENRY, M.; BERGMANN, J.A.G.; CARMO, A.S.; SOUZA, F.A. Desenvolvimento testicular e puberdade em machos da raça guzerá da desmama aos 36 meses de idade criados no cerrado mineiro. **Revista de Medicina Veterinária**, p. 9 -24, 2012.

PARMA, L.S.; GARNERO, A.V.; GUNSKY, R.J.; OLIVEIRA, H.N.; OLIVEIRA, L.M. LOBOS, R.B. Caracterización del crecimiento testicular em vacuno Nelore. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 105-108. 2006.

PEREIRA, M.A.; MENEZES, M.L.; OLIVEIRA, V.S.; GUIMARÃES, J.C.T.; SANTOS, A.D.F. Comparação de modelos não lineares para descrever o crescimento de fêmeas leiteiras mestiças taurino x zebu no nordeste do Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, p. 228-235. 2016.

POSADA, S.L.; NOGUERA, R.R. Comparación de modelos matemáticos: uma aplicación en la evaluación de alimentos para animales. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 20, p. 141–148. 2007.

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; PEREIRA, J.C.C. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls. **Theriogenology**, v. 52, p. 25–34. 1999.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, p. 290–300. 1959.

SANTORO, K.R.; BARBOSA, S.B.P.; BRASIL, L.H.A.; SANTOS, E.S. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de bovinos zebu, criados no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2262–2279. 2005.

SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435-442. 2006.

SAS. SAS/STAT user's guide, Cary, NC: SAS Inst., Inc.; 2002,

SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, A.I.G. Influência de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 1195-1205. 2001.

TANAKA, M. A new growth curve wich express infinite increase. **Publications of the Amakusa Marine Biological Laboratory**, v.6, p. 167-177, 1982.

TATMAN, S.R.; NEUENDORFF, D.A.; WILSON, T.W.; RANDEL, R.D. Influence of season of birth on growth and reproductive development of Brahman bulls. **Theriogenology**, v. 62, p. 93–102. 2004.

THORNLEY, J.H.M.; FRANCE, J. An open-ended logistic-based growth function. **Ecological Modelling**, v. 184, p. 257–261. 2005.

THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. **Ciencia Rural**, v. 39, p. 2261-2269. 2009.

TORAL, F.L.B. Número e intervalo de pesagens para estimação de parâmetros de curvas de crescimento em bovinos, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 2120-2128. 2008.

VARGAS, B.; KOOPS, W.J.; HERRERO, M.; ARENDONK, J.A.M. Modeling extended lactations of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1371 – 1380, 2000.