

GISELLE DIAS DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE TOUROS DA RAÇA NELORE COM
ELEVADO (+34 CM) OU REDUZIDO (-30 CM) PERÍMETRO
ESCROTAL**

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.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

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

T

O48d
2018
Oliveira, Giselle Dias de, 1981-
Desenvolvimento de touros da raça Nelore com elevado
(+34 cm) ou reduzido (-30 cm) perímetro escrotal / Giselle Dias
de Oliveira. – Viçosa, MG, 2018.
vi, 62f. ; 29 cm.

Orientador: Laércio dos Anjos Benjamin.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.47-62.

1. Nelore (Bovino). 2. Testículo. 3. Sêmen. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de
Pós-Graduação em Medicina Veterinária. II. Título.

CDD 22 ed. 636.2082

GISELLE DIAS DE OLIVEIRA


**DESENVOLVIMENTO DE TOUROS DA RAÇA NELORE COM ELEVADO
(+ 34 CM) OU REDUZIDO (- 30 CM) PERÍMETRO ESCROTAL**

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: 17 de dezembro de 2018.


José Domingos Guimarães


Jurandy Mauro Penitente Filho


Bruna Waddington de Freitas


Alceu Mezzalana
(Coorientador)


Laércio dos Anjos Benjamin
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Foram quatro anos de muitas experiências... algumas inseguranças, medos, mudanças de projeto, muito cansaço emocional... Mas também de muito conhecimento e aprendizado. Neste período o que não me faltou foram pessoas (amigos e familiares) dispostas a caminharem comigo lado a lado para realização deste sonho que em alguns momentos se tornou tão árduo, uma estrada tão sinuosa, longa e cheia de obstáculos. Sendo assim, eu dedico esta tese a todos vocês que estiveram e se fizeram presentes incansavelmente.

Agradeço a minha mãe (Elizabeth Dias) e minha tia/madrinha (Márcia Oliveira) pela disposição em me ajudar nos cuidados com a Maitê. Tê-las por perto foi essencial. Meu eterno obrigada. Amo vocês.

Agradeço ao meu marido (Hugo Medeiros), por me apoiar e me incentivar sempre, e também por ter me dado o maior presente do mundo dentro deste período de desenvolvimento da minha tese, que foi a nossa filha Maitê. Filha você foi e é o meu maior incentivo em tudo que faço. Vocês são muito importantes em minha vida. Tê-los ao meu lado me tornou uma pessoa mais forte pra enfrentar todos os desafios pelos quais me deparei. Amo vocês incondicionalmente.

Agradeço ao professor Laércio Benjamin, pela orientação, pois, mesmo não trabalhando na linha de pesquisa a qual lhe apresentei o projeto, o mesmo, em momento algum colocou empecilhos para a aceitação e se fez presente em todos os momentos em que o solicitei. Obrigada pelos conselhos... Pelas conversas aleatórias... Tudo foi de grande valia. Fica aqui o meu muito obrigado.

Vou ser eternamente grata ao professor Alceu Mezzalira e toda sua equipe de laboratório por tudo que fizeram por mim enquanto estive na UDESC/LAGES. Obrigada Prof. por tanta disposição em me passar seus conhecimentos, pelas idas aos frigoríficos, por se dispor sempre a ir comigo pra bancada do laboratório, a me ajudar a aspirar ovários, até porque são tarefas que nem todos os chefes estão dispostos a fazer devido a correria do dia a dia. Sem dúvida alguma posso afirmar que estar em seu laboratório e sobre sua supervisão, foi fundamental pra minha formação de doutorado. Muito, muito obrigada mesmo!!! O senhor e sua família são muito especiais para mim!

Ao prof. José Domingos Guimarães (JD), fica minha eterna gratidão, pois desde o mestrado sempre esteve disponível pra sanar minhas dúvidas, discutir sobre projetos e me dar novas ideias em todas as vezes que eu o procurei. JD, obrigada por tudo, inclusive pelo carinho com minha filha, se não fosse por você a conclusão dessa tese seria impossível.

A família Waddington Freitas, me falta palavras para expressar a vocês o tamanho da minha gratidão. Eu com uma tese pra concluir e com uma neném de apenas cinco meses idade nos braços quando ouvi da prof. Bruna: pegue a Maitê e venha pra Viçosa, pra minha casa, para

terminar sua tese! A gente vai dar um jeito! E assim fiz. E fomos recebidas com tanto carinho e cuidado por ela e toda sua família (tio Antônio, tia Regina e Ana Beatriz). O que vocês fizeram por nós não tem preço! Obrigada mil vezes por tudo!!! Vocês se tornaram parte de nossa família. Amamos vocês!

Todos citados acima têm grande importância neste trabalho, porém, há uma pessoa que foi mais que essencial: Jurandy Penitente. Jura, nos conhecemos desde que cheguei a Viçosa para fazer o mestrado e nunca mais te deixei em paz, neh?! Rs... nunca terei como te agradecer pela ajuda no desenvolvimento da tese. Precisei tanto recorrer a você devido seu domínio em relação ao assunto deste trabalho, e você sempre lá me ajudando em tudo que podia. Foram sábados, domingos, feriados... e você sempre ali disposto a ajudar. Sua participação nesta tese foi de suma importância e eu jamais esquecerei disso. Obrigada pela parceria neste trabalho, meu grande amigo. Amo muito você!

Jamais poderia deixar de agradecer a querida Rosi, secretária da Pós-Graduação do Departamento de Veterinária, por me ajudar em todos os momentos que precisei. Sempre tão solícita, tão disposta, e sempre com uma solução para todos os problemas. Rosi, você é demais!!! Obrigada por tudo!!!!

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

E finalmente, agradeço a Universidade Federal de Viçosa por me possibilitar a realizar este trabalho. Orgulho de ter feito parte da UFV!

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Puberdade.....	3
2.2. Maturidade sexual.....	6
2.3. Precocidade sexual em machos.....	7
2.4. Biometria testicular.....	8
2.5. Perímetro escrotal	10
2.6. Relação entre perímetro escrotal e idade	11
2.7. Volume testicular.....	12
2.8. Características seminais.....	14
2.9. Avaliação andrológica	17
2.10. Morfologia espermática	20
2.11. Formato testicular	21
2.12. Relação entre puberdade e características seminais.....	22
2.13. Perímetro escrotal e características reprodutivas da progênie	25
2.14. Correlação genética entre volume e perímetro escrotal e as características reprodutivas do macho.....	30
2.15. Curvas de crescimento	32
2.16. Aplicação dos modelos não-lineares na avaliação de curvas de crescimento ...	33
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	35
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 Animais.....	36
4.2 Coleta e avaliação seminal.....	37
4.3 Delineamento experimental	37
4.4 Análises estatísticas	37
5. RESULTADOS	38
6. DISCUSSÃO.....	39
7. CONCLUSÃO.....	47
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

RESUMO

OLIVEIRA, Giselle Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2018. **Desenvolvimento de touros da raça Nelore com elevado (+34 cm) ou reduzido (-30 cm) perímetro escrotal.** Orientador: Laércio dos Anjos Benjamin. Coorientador: José Domingos Guimarães.

O objetivo deste estudo foi descrever a curva de crescimento do volume testicular (VT) em função da idade e avaliar as características espermáticas de touros Nelore com maior e menor perímetro escrotal (PE). Para tanto, utilizou-se um conjunto de dados de exames andrológicos de touros Nelore criados em condições de pastejo, nascidos entre 1996 e 2008. Os animais foram mantidos em duas fazendas, uma localizada em Magda/SP e a outra em Dois Irmãos do Buriti/MS. A biometria testicular foi obtida anualmente no momento do exame andrológico, que começa aos 18 meses de idade. Dados do PE, VT e características espermáticas (motilidade espermática e morfologia espermática) foram obtidos. Um total de 443 avaliações de 96 touros foram obtidas. Os touros foram classificados de acordo com PE, medidos aos 18-21 meses de idade, em dois grupos, representando dois extremos do PE: maior, PE > 34 cm (209 avaliações de 46 touros); e menor, PE < 30 cm (234 avaliações de 50 touros). As curvas de crescimento do VT foram descritas por meio do modelo logístico usando o *MODEL procedure* no SAS. A autocorrelação residual foi verificada pelo teste de Durbin-Watson e, quando significativa ($P < 0,05$), foi modelada com erros autorregressivos de primeira ordem (*RA (1)*). As características espermáticas no período de 18-21 meses e aos 37-48 meses de idade foram analisadas por análise de variância. O ponto de inflexão estimado foi de 507,8 cm³ aos 419,6 dias para o grupo com o maior PE e 470,8 cm³ aos 808,4 dias de idade para o grupo com o menor PE. Em relação ao exame andrológico, os touros do grupo com maior PE apresentaram melhores parâmetros espermáticos ($P < 0,05$) em relação aos de menor PE aos 18-21 meses de idade. No entanto, nenhuma diferença ($P > 0,05$) entre os grupos aos 37-48 meses de idade foi encontrada. Diferenças no crescimento do VT e nas características espermáticas entre os grupos avaliados neste estudo provavelmente estão relacionadas à precocidade sexual.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Giselle Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2018. **Development of bulls of the Nellore breed with high (+34 cm) or reduced (-30 cm) scrotal perimeter.** Advisor: Laércio dos Anjos Benjamin. Co-adviser: José Domingos Guimarães.

The aim of this study was to describe the testicular volume (TV) growth curve as a function of age and evaluate sperm traits of Nellore bulls in the highest and the lowest spectrum of scrotal circumference (SC). For this purpose, a dataset of breeding soundness examination of Nellore bulls raised in grazing conditions, born from 1996 to 2008, was used. The animals were located in two farms, one is located in Magda/SP and the other is in Dois Irmãos do Buriti/MS. Testicular biometry was obtained annually at the time of the breeding soundness examination, which begins at 18 months of age. Data of SC, TV and sperm traits (sperm motility and sperm morphology) were obtained. A total of 443 evaluations from 96 bulls were obtained. Bulls were classified according to SC, measured at 18-21 months of age, into two groups, representing two extremes of the SC spectrum: *highest*, SC > 34 cm (209 evaluations from 46 bulls); and *lowest*, SC < 30 cm (234 evaluations from de 50 bulls). The TV growth curves were described by Logistic model by using MODEL procedure on SAS. Residual autocorrelation was verified by Durbin-Watson test, when significant ($P < 0.05$), it was modeled with first order autoregressive errors ($AR(1)$). Sperm traits at 18-21 months and 37-48 months of age were analyzed by analysis of variance. The estimated inflection point was 507.8 cm³ at 419.6 days old for the group with the highest SC and 470.8 cm³ at 808.4 days old for the group with the lowest SC. Regarding the sperm traits, the bulls from the highest group showed better sperm parameters ($P < 0.05$) than bulls of the lowest group, at 18-21 months old. However, no difference ($P > 0.05$) between groups was found at 37-48 months old. Differences in TV growth and sperm traits between groups evaluated in this study are probably related to sexual precocity.

1. INTRODUÇÃO

A seleção de reprodutores através do exame andrológico tem como finalidade a garantia da qualidade seminal e a melhora na eficiência reprodutiva do rebanho, tendo como propósito o aumento na lucratividade por animal nascido (FONSECA et al., 1997; GUIMARÃES, 1999).

O aumento da lucratividade por meio da diminuição da duração do ciclo produtivo e da permanência do animal na propriedade depende da precocidade sexual do rebanho. Identificar touros sexualmente maduros com idades precoces e que transmitam estas características para sua progênie gera grande impacto econômico no sistema produtivo, considerando que as características reprodutivas apresentam importância no processo produtivo (FORMIGONI, 2002).

Lunstra e Echternkamp (1982) observaram em seu estudo que a maturidade sexual geralmente ocorre entre 16 a 20 semanas após a puberdade. Vários autores consideram a maturidade sexual como sendo a idade em que os animais apresentam no mínimo 50% de motilidade espermática progressiva retilínea e morfologia espermática com no máximo de 10% de defeitos espermáticos maiores e 20% de defeitos espermáticos menores (LUNSTRA e ECHTERNKAMP, 1982; GARCIA et al., 1987).

Desde 1983 tem sido recomendada a inclusão do perímetro escrotal nos programas de melhoramento genético. A seleção para o aumento do perímetro escrotal traz benefício direto em termos econômicos, tendo como principal objetivo a obtenção de animais sexualmente mais precoces e mais férteis e, dessa forma, com maior quantidade e qualidade espermáticas e maior libido (BERGMANN, 1998).

Nos centros de coleta e processamento de sêmen (CCPS), o objetivo é adquirir animais jovens e, entre os métodos de seleção desses touros com potencial reprodutivo, incluem-se a colheita e avaliação do sêmen. Entretanto, sabe-se que alguns desses animais produzem amostras seminais de baixa qualidade quanto à concentração espermática, motilidade ou morfologia; porém, estes parâmetros tendem a melhorar com a idade (KARABINUS et al., 1990; WINTER et al., 1986). Essas avaliações são de extrema importância, pois permitem avaliar outras características espermáticas importantes, como membrana

citoplasmática íntegra, responsável pela homeostase celular; acrossoma íntegro, essencial para fertilização do ovócito; e alto potencial de membrana mitocondrial, responsável pela produção de adenosina trifosfato (ATP), indispensável para o movimento flagelar e motilidade espermática (CELEGHINI, 2005).

Silveira (2004) verificou em seu estudo valores de -0,05; -0,48 e -0,09 para correlação genética entre PE e DM, DMe e DT. A relação entre os defeitos espermáticos e o PE foi negativo; porém, a seleção para PE se mostrou favorável quanto à diminuição dos defeitos espermáticos no ejaculado. Baixos valores foram registrados por Quirino et al. (1999); entretanto, ambos estudos demonstraram que há maior correlação genética entre os DMe e PE, o que implica que bovinos com maiores PE são mais propensos geneticamente a apresentarem menores valores de DMe no ejaculado.

O perímetro escrotal (PE) é uma mensuração fácil de ser obtida, com alta repetibilidade entre avaliadores, sendo uma característica que possui herdabilidade moderada a alta (DIAS et al., 2003), tendo correlação com o ganho de peso (VALENTIM et al., 2002), produção espermática (SANTOS et al., 1998; KASTELIC et al., 2001) e qualidade seminal dos touros (SILVA et al., 2002; VALENTIM et al., 2002). Entretanto BAILEY et al. (1998) observaram que o PE é uma medida indireta da massa testicular, não considerando a variação individual no formato dos testículos. BAILEY et al. (1996) observaram que touros com menor PE e testículos mais alongados, encontrados nas raças zebuínas, podem ter maior VT e/ou PT em relação a animais que apresentam o formato ovoide a esférico, com produção espermática comparável àqueles de maior diâmetro e na qual a espessura da parede do escroto não é somada corretamente. Dessa forma, segundo os mesmos autores, o comprimento e a largura testicular podem ser usados para auxiliar na estimativa da fertilidade de reprodutores, através do uso destas medidas para o cálculo do volume (VT) e peso testiculares (PT).

A relação entre os defeitos espermáticos e o PE foi negativo; logo a seleção para PE se mostra favorável à diminuição dos defeitos espermáticos no ejaculado. Valores mais baixos foram registrados por Quirino et al. (1999), porém os dois estudos demonstram que há maior correlação genética entre os DMe e PE, o que implica que bovinos com maiores PE são mais propensos geneticamente a apresentarem menores valores de DMe no ejaculado.

De acordo com Bergmann et al. (1998), o crescimento dos testículos é descrito pela curva sigmoide, iniciando-se com uma fase lenta, seguida de um pico que coincide com a puberdade, ocorrendo posteriormente, um crescimento lento, indicando a maturidade sexual (BERGMANN et al., 1998), sendo observado o desenvolvimento mais intenso entre 12 e 18 meses de idade (SILVA et al., 1993).

Os modelos não lineares são utilizados para descrever o crescimento animal, sendo que os mesmos apresentam interpretação biológica do crescimento e são facilmente comparáveis entre diferentes cenários de produção. Eles apresentam grande utilidade para estimar o desenvolvimento testicular em função da idade. Entretanto, os mesmos apresentam diferença nos ajustes estatísticos (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, raciais e de manejo (BRODY, 1945; TATMAN et al., 2004; THORNLEY e FRANÇE, 2005).

Este estudo teve como objetivo descrever a curva de crescimento do volume testicular (VT) em função da idade utilizando o modelo não linear logístico, e avaliar as características espermáticas de touros Nelore com maior e menor perímetro escrotal (PE).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Puberdade

De acordo com Bergmann (1999) a puberdade pode ser usada como um indicador de precocidade, sendo um critério muito importante para os diversos programas de Melhoramento Genético. Marca o início da vida reprodutiva do animal e é considerada uma etapa preparatória para a maturidade sexual, que é denominada como a fase em que o animal demonstra seu máximo desempenho (BRUSCHI, 1991).

Ter conhecimento do momento em que o bovino entra na puberdade é de grande importância, pois permite um manejo mais eficiente dentro do rebanho, utilizando ao máximo a eficiência reprodutiva do animal, por meio da seleção de animais potencialmente mais precoces e férteis (LUNSTRA et al., 1978). Existem vários fatores que podem interferir na idade à puberdade, como as condições

nutricionais e climáticas, raça, e a individualidade do animal (PEREIRA, 2004).

A fase puberal é considerada uma das mais importantes fases reprodutivas na espécie bovina, pois é nesse período em que o animal começa a exibir os primeiros sinais de libido, iniciando a produção espermática e um evidente crescimento testicular (SALLES, 1995). Simultaneamente, observam-se também, mudanças endócrinas e espermáticas associadas ao crescimento corporal, com o ganho de peso até a puberdade, que variam em relação à idade, raça, genética e ambiente. Características ponderais, testiculares e seminais são usadas para indicar a idade à puberdade de machos (LUNSTRA et al., 1978).

A espermatogênese ocorre de forma gradativa por longo período de tempo. Antes de atingir a puberdade, o desenvolvimento sexual do touro pode ser dividido em dois estágios, o infantil e o pré-puberal. A fase infantil é marcada por baixas concentrações de testosterona circulante devido à ausência de GnRH ou falta de receptores para o mesmo na hipófise anterior, enquanto a fase pré-puberal é marcada pelo aumento da frequência e amplitude de descargas do hormônio luteinizante. O eixo hipotálamo-hipófise-gônada passa, então, a funcionar de forma regulada. A secreção do GnRH pelo hipotálamo induz a liberação de hormônio luteinizante (AMANN, 1983; AMANN & WALKER, 1983). Nos testículos, o LH estimula as células de Leydig, responsáveis pela síntese e liberação de testosterona, cujo aumento associado às gonadotropinas hipofisárias, provocam a diferenciação das células de sustentação em células de Sertoli, levando à diferenciação de gonócitos em espermatogônias e aos estágios de diferenciação através da mitose e meiose, resultando em espermatozoides (HUHTANIEMI & TOPPARI, 1998).

Unaniam (1997) em estudo com animais da raça Nelore na fase puberal, observou relação entre a concentração de testosterona, o início da produção de espermatozoides e o desenvolvimento testicular, enquanto estudos com animais da raça Hereford, mostraram que a concentração de LH aumenta entre a 4^a e a 25^a semanas de idade, e que ocorre aumento gradual da concentração de testosterona circulante da 6^a até a 42^a semana de idade. A quantidade de células em estágio de espermatogênese também aumenta significativamente entre a 15^a e 45^a semanas de idade (EVANS et al., 1996). Segundo Evans et al. (1995), animais precoces apresentam altas concentrações de LH circulante, quando comparados a animais tardios.

Abdel-Raouf (1960) caracteriza a fase puberal como o estado fisiológico das gônadas que passam a produzir seus hormônios e gametas. Outra definição bastante comum é que a puberdade é o período em que os touros são capazes de produzir espermatozoides viáveis, demonstrar interesse sexual e desenvolvimento peniano para permitir a cópula e a ejaculação (FOOTE, 1969). Garcia et al. (1987) definiram como sendo a idade na qual aparecem os primeiros espermatozoides móveis no ejaculado. Van Demark e Nauger (1964) caracterizaram a puberdade pela presença dos primeiros espermatozoides no ejaculado. Por sua vez, Cardoso (1977) adotou como definição de puberdade a presença dos primeiros espermatozoides no lúmen do epitélio seminífero. Amann (1983) definiu-a como o período associado ao rápido crescimento testicular, aumento da secreção de LH e início da espermatogênese. Amann & Walker (1983) consideraram o período de puberdade como sendo o momento em que ocorre uma considerável produção de gametas capazes de fecundar uma fêmea.

Segundo Wolf et al. (1965), a puberdade ocorre quando o animal apresenta ejaculado com o mínimo de 50×10^6 espermatozoides e pelo menos 10% de motilidade espermática progressiva. Essa definição é a adotada pela maioria dos estudos realizados e também na rotina de laboratórios de reprodução (LUNSTRA et al., 1978; GUIMARÃES, 1993; EVANS et al., 1995).

Entretanto, Guimarães (1999) provavelmente por abranger todas as definições anteriormente citadas, adotou a definição de Wolf et al. (1965) que consideram a puberdade como a idade em que o animal apresenta uma concentração mínima de 50 milhões espermatozoides e no mínimo 10% de motilidade progressiva retilínea em seu ejaculado.

Trabalhos com touros da raça Gir, observou-se o intervalo de 5,6 semanas do aparecimento dos primeiros espermatozoides até o surgimento dos primeiros espermatozoides móveis no ejaculado seminal, e de 6,8 semanas do último evento até alcançar a puberdade, de acordo com os critérios de Wolf et al. (1965), ou seja, resultando em um período total de 12,4 semanas (GUIMARÃES, 1993).

No Brasil, Cardoso (1977) utilizando o método da morfologia tubular, observou que animais da raça Nelore alcançavam a puberdade entre 12 e 14 meses de idade, e Castro et al. (1989) mostraram na mesma raça puberdade entre 12 e 14 meses de idade quando utilizaram o critério citado por Wolf et al. (1965). Dode et al. (1989), também na raça Nelore, observaram a puberdade somente aos 18,3

meses, quando consideraram o aparecimento dos primeiros espermatozoides móveis no ejaculado e, aos 21,3 meses de idade, quando utilizaram o critério citado por Wolf et al. (1965). Garcia et al. (1987) trabalhando com animais da raça Guzerá, observaram a puberdade na idade média de 19,5 meses, com o peso corporal médio de $253,7 \pm 9,1$ kg, e que 36,3% dos animais apresentaram os primeiros espermatozoides em seus ejaculados aos 14 meses de idade.

Com relação às patologias espermáticas predominantes no período puberal, Lunstra & Echternkamp (1982) e Guimarães (1993) observaram que nos primeiros ejaculados de animais púberes, as formas piriformes e microcefálicas, as caudas dobradas e enroladas e as gotas citoplasmáticas proximais foram as mais encontradas. Estas últimas diminuíram acentuadamente nas primeiras seis semanas pós-puberais e continuaram a reduzir gradativamente até a 16ª semana, quando alcançaram valores aceitáveis ou nulos.

2.2 Maturidade sexual

A maturidade sexual nos machos, ao contrário do que acontece nas fêmeas, ocorre cronologicamente em intervalos muito longos, entre 16 e 20 semanas após a puberdade (LUNSTRA e ECHTERNKAMP, 1982). Neste período, os animais atingem a maturidade sexual levando ao aumento da concentração espermática devido ao aumento do comprimento dos túbulos seminíferos (CARDOSO, 1977). Estudos mostram que a maturidade sexual ocorre quando o crescimento gonadal e corporal, paralelamente com concentrações de testosterona e desenvolvimento sexual, se estabiliza. Dessa forma, para se obter melhor aplicação, estudos preconizam a maturidade sexual sendo a idade em que os animais exibem características seminais de, no mínimo, 50×10^6 espermatozoides com 50% de motilidade espermática progressiva, e morfologia espermática com no máximo 10% de defeitos espermáticos maiores e 20% de defeitos espermáticos menores (LUNSTRA & ECHTERNKAMP, 1982; GARCIA et al., 1987; FRENEAU, 1991; GUIMARÃES et al., 2011; MORAES, 2012).

Posteriormente à puberdade, acontecem alterações quantitativas e qualitativas quanto a produção espermática, que se estabilizam com a maturidade sexual do touro. É possível observar, neste período, aumento do volume seminal, da motilidade espermática progressiva, do vigor, da concentração espermática

total e a diminuição das patologias espermáticas (GARCIA et al., 1987 e EVANS et al., 1995).

A maioria dos estudos considera a maturidade sexual quando os animais apresentam, no mínimo, 50% de motilidade espermática progressiva e morfologia espermática com o máximo de 10% de defeitos espermáticos maiores e 20% de defeitos menores (BLOM, 1973; LUNSTRA e ECHTERNKAMP, 1982 e GARCIA et al., 1987).

Segundo Vale Filho et al. (1989), a maturidade sexual caracteriza-se pelo aumento progressivo da concentração espermática no ejaculado até que ocorra uma estabilidade em torno de 8×10^9 células/ejaculado, com motilidade espermática de 65%, porcentagem de defeitos espermáticos maiores não ultrapassando 15% e defeitos espermáticos totais de 30%.

O Colégio Brasileiro de Reprodução Animal preconiza valores mínimos sendo de 60% de motilidade espermática progressiva retilínea e 30% de espermatozoides anormais totais, vigor três e movimento de massa igual a três na seleção de touros para a monta natural (CBRA, 2013).

Em estudo com animais da raça taurina foi observado que a maturidade sexual é obtida por volta de 13 a 16 meses de idade em condições de clima temperado; entretanto, em condições tropicais, ocorre em torno dos 16 a 20 meses de idade (FRENEAU, 1991). Contudo, verificou-se em estudos com animais de origem indiana que a maturidade sexual ocorre tardiamente, em torno de 30 a 36 meses de idade, ainda que estudos tenham relatado 20 meses para a idade à maturidade sexual em animais da raça Gir. Assim como na puberdade, esta característica é influenciada por fatores do ambiente, nutrição e condições climáticas, onde os animais na condição dos trópicos são tão precoces quanto os da raça taurina (GUIMARÃES, 1993; GUIMARÃES et al., 2011).

2.3 Precocidade sexual em machos

Segundo Sesana et al. (2007), o perímetro escrotal apresenta crescimento linear com a idade do animal, tendo um crescimento acelerado entre 7 e 18 meses, desacelerando seu crescimento a partir daí até a idade adulta. Dessa forma, a seleção para perímetro escrotal realizada aos 365 dias de idade está relacionada com a precocidade sexual, uma vez que a medida foi realizada antes do início da sua atividade reprodutiva; já a seleção aos 450 dias está relacionada à maior

capacidade reprodutiva (BERGMANN, 1999).

O perímetro escrotal é uma variável que vem sendo utilizada em diversos programas de Melhoramento Genético, pois é uma medida fácil de ser obtida e altamente herdável, além de estar correlacionada com características de crescimento e reprodução (LATIMER et al., 1982). Segundo Brito (1997), as medidas de perímetro escrotal devem ser padronizadas para uma idade ou peso corporal, pois dessa forma é possível obter progressos genéticos em precocidade sexual, sem acarretar, necessariamente, aumento no tamanho adulto dos animais. Dias et al. (2003) afirmam que o perímetro escrotal ajustado para idade e peso corporal ao sobreano apresentou maior herdabilidade que quando foi ajustado apenas para idade ou peso corporal e pode ser utilizado como critério de seleção quando se busca maior precocidade sexual.

2.4 Biometria testicular

A partir da década de 1980, 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; 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.

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 perímetro escrotal 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.

Segundo Bailey et al. (1996), os testículos mais longos, frequentemente verificados nas raças zebuínas, apresentam maior superfície de contato com o meio ambiente facilitando a termorregulação e possuem melhor distribuição de vasos sanguíneos e tecidos espermáticos, o que lhes garante melhores características seminais. Os mesmos autores observaram ainda que os testículos de forma alongada apresentam volumes semelhantes às demais formas testiculares.

A alta correlação com a produção espermática e a facilidade de mensuração do PE pode 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).

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 realização e de baixo custo, podendo ser realizada com a utilização de uma fita métrica (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 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*, 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 que 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, com o ponto de inflexão aproximando-se dos 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 13 meses de idade, com o perímetro escrotal crescendo até os 40 meses de idade, onde alcançou um platô.

Segundo Silva et al. (2002a), o maior crescimento testicular ocorre próximo da idade à puberdade, indicando que a mensuração do PE neste período é estratégico 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.

Entretanto, 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), 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, e isto se deve ao fato dos testículos alongados possuírem melhor termorregulação quando comparados aos outros formatos testiculares. Isso se deve à melhor distribuição de vasos sanguíneos e túbulos seminíferos, que são importantes na produção espermática, ou então por possuírem o maior volume total das gônadas em função de um comprimento mais alongado, embora com PE menor (BAILEY et al. 1996).

2.5 Perímetro escrotal

A reprodução é um processo complexo e a seleção direta de características ligadas à reprodução é, muitas vezes, de difícil aplicação. Por isso, é importante identificar características que sejam facilmente mensuradas e que apresentem correlações genéticas com eventos reprodutivos (BERGMANN et al., 1997).

Nos trabalhos realizados com Zebu no Brasil, a herdabilidade do perímetro escrotal apresentou valores de moderados a altos. Bergmann et al. (1997) e Quirino (1999) apresentaram estimativas de herdabilidade para o perímetro escrotal em touros da raça Nelore de 0,87 e 0,81 (para valores não ajustados) e 0,71 (para valores ajustados), estimativas um pouco acima das reportados por outros autores. Também em zebuínos, Pereira et al., (2000) obtiveram valores de 0,51 para a herdabilidade do perímetro escrotal e Gressler et al., (2000) que

registraram valores de 0,25 aos 12 meses e de 0,31 aos 18 meses de idade. Sarreiro et al. (2002) registraram valores de herdabilidade de 0,38 para touros da raça Nelore com idade média de 31 meses. Assim, a alta herdabilidade do perímetro escrotal estimada em populações zebuínas e a facilidade para medir esta característica permitiriam preconizar seu uso na seleção dos touros a serem utilizados como reprodutores (QUIRINO, 1999).

O perímetro escrotal também tem sido associado favoravelmente com características do sêmen, como volume do ejaculado, concentração espermática, motilidade espermática progressiva retilínea e porcentagem de defeitos dos espermatozoides (QUIRINO, 1999). Na literatura estrangeira, trabalhando com raças europeias, Smith & Brinks (1989) reportaram correlação fenotípica favorável, mas discreta, entre o perímetro escrotal e algumas características seminais. Knights et al. (1984) obtiveram moderada correlação genética e fenotípica entre o perímetro escrotal e todas as características seminais, sugerindo que o perímetro escrotal pode ser utilizado como predição das características qualitativas e quantitativas do sêmen.

Já, em 1994, Brinks apresentou valores mais elevados para a correlação genética entre o perímetro escrotal e as características seminais, sendo 0,25 entre o perímetro escrotal e a motilidade, -0,51 entre o perímetro escrotal e os defeitos primários, -0,42 entre o perímetro escrotal e os defeitos secundários e 0,58 entre o perímetro escrotal e a porcentagem de espermatozoides normais. No Brasil, trabalhando com touros da raça Nelore, Bergmann et al., (1997) observaram que a correlação genética entre o perímetro escrotal e as características do sêmen foram extremamente variadas, de zero (entre perímetro escrotal e volume do ejaculado) até a unidade (entre perímetro escrotal e motilidade espermática progressiva retilínea), sendo que esse resultado evidenciou a necessidade de continuidade dessas pesquisas em animais zebuínos.

2.6 Relação entre perímetro escrotal e idade

O período da puberdade é definido pela presença dos primeiros espermatozoides viáveis no sêmen e está associado tanto com a liberação do pênis e a libido quanto com o estabelecimento da capacidade reprodutiva (FOOTE, 1969). Nos bovinos, esta fase é caracterizada pelo rápido crescimento das gônadas e ocorre quando a primeira ejaculação contém cerca de 50 milhões de

espermatozoides com pelo menos 10% de motilidade progressiva (JAINUDEEN e HAFEZ, 1995). A puberdade no *Bos taurus indicus* é alcançada mais tardiamente que no *Bos taurus taurus* (SILVA et al., 1993).

Alguns trabalhos têm sugerido que o início da puberdade de tourinhos zebu criados a pasto ocorre entre 12 e 14 meses de idade, que corresponde à fase de rápido ganho de peso corporal rápido desenvolvimento testicular, aumento da secreção do hormônio luteinizante (LH) e coincide com o início da espermatogênese Cardoso (1977) e Castro et al. (1989) relataram que os espermatozoides são encontrados já a partir dos 15 meses nos túbulos seminíferos de machos da raça Nelore. A nutrição pode ser um dos fatores responsáveis pela ocorrência da puberdade mais tardia nos zebuínos quando comparados aos europeus. Porém, apesar do efeito evidente da nutrição, 33% dos animais mostram a puberdade, em média, aos 17 meses de idade, sugerindo que não só os aspectos nutricionais determinam o seu aparecimento, mas também a interação genótipo e ambiente (SILVA et al., 1988).

2.7 Volume testicular

Uma das principais características associadas ao desempenho reprodutivo dos machos é o volume testicular (BERGMANN, 1999). Em função da forma mais alongada dos testículos de zebuínos, concluiu-se que, ao se praticar seleção em animais jovens, deve-se utilizar, além do perímetro escrotal, o volume testicular (UNANIAN et al., 2000).

Vasquez et a. (2003) obtiveram em animais da raça Brahman, com idade média de 18 meses, valores de $217,9 \pm 121,27 \text{ cm}^3$ para VT. Já Pastore et al. (2008) obtiveram em bovinos da raça Nelore entre 22 e 24 meses de idade, com média de $607,18 \pm 237,25 \text{ cm}^3$ para o volume testicular. Silveira et al. (2010) trabalhando com animais da raça Nelore aos 21 meses de idade, aptos à reprodução, em diferentes anos de avaliação andrológica, obtiveram as médias de VT de $699,87 \pm 6,28 \text{ cm}^3$ (2000); $588,37 \pm 5,85 \text{ cm}^3$ (2001); $692,01 \pm 6,06 \text{ cm}^3$ (2002) e $583,04 \pm 6,00 \text{ cm}^3$ (2003).

Siqueira et al. (2012) observaram em animais da raça Nelore que médias do volume testicular foram maiores para os animais com testículos com os formatos longo, longo moderado e longo oval ($646,73 \pm 160,93$ e $699,97 \pm 196,59$ e $699,58 \pm 198,82 \text{ cm}^3$, respectivamente) do que para formas oval-esféricas e

esféricas ($259,15 \pm 74,75$ e $211,61 \pm 0,00$ cm³, respectivamente). Chacur et al. (2014) obtiveram para animais adultos (48 meses) da raça Simental, o volume testicular de 460,14 cm³ na época chuvosa e 571,26 cm³ na época seca; para os animais da raça Nelore, na época chuvosa os valores foram de 524,75 cm³ e de 515,13 cm³ na época seca. Os valores das correlações fenotípicas verificados entre volume testicular e comprimento e largura dos testículos indicam que essas características atuam sobre o volume testicular, e ainda a alta correlação entre a largura dos testículos e volume testicular indica maior influência na determinação dessa característica (DIAS et al., 2008).

O volume testicular é uma das características associadas ao desempenho reprodutivo dos machos (BAILEY et al., 1998; QUIRINO, 1999; UNANIAM et al., 2000). Para alguns autores, o volume testicular seria a medida mais adequada para representar a produção espermática, sobretudo em raças zebuínas cujo formato testicular é mais alongado (BAILEY et al., 1996; UNANIAM et al., 2000). A partir do comprimento e da largura são calculados tanto o volume como o peso testicular (FIELDS et al., 1979; BAILEY et al., 1996).

Conforme observações de Toelle & Robinson (1985) embasadas nos estudos de Pelletier et al. (1981) e Nelly et al. (1982), o desenvolvimento testicular é intimamente dependente do crescimento ou ganho de peso corpóreo no período pré-púbere. Em um segundo momento, torna-se mais dependente de uma complexa interação de mecanismos hormonais. Neste contexto, o volume testicular mostrou-se um bom indicador do desenvolvimento testicular e da produção espermática em touros jovens que atingiram a puberdade, condição não evidenciada em machos adultos em face da baixa correlação entre os pesos corporal e testicular e a produção de espermatozoides (WILLET & OHMS, 1957; BAILEY et al., 1996).

Contudo, ressalta-se o efeito ambiental afetando o desenvolvimento testicular, sobretudo o nutricional, interferindo no peso corporal (FIELDS et al., 1979; SILVA et al., 1991; BROWNING et al., 1997; UNANIAM et al., 2000). Sugeriu-se, desta forma, que as mensurações de biometria testicular deveriam ocorrer após a puberdade, identificando de forma indireta os indivíduos de maior potencial de produção quantitativa e qualitativa de sêmen.

Estimativas de herdabilidade relatadas para volume testicular são de magnitude moderada a alta. Na raça Hereford, Toelle & Robinson (1985)

estimaram coeficientes de herdabilidade de 0,34 aos 205 dias, de 0,21 aos 365 dias e de 0,34 para o período de crescimento (205 aos 365 dias). Lunstra et al. (1988) obtiveram estimativa de herdabilidade de 0,37 em touros jovens de diferentes raças europeias britânicas e continentais (*Bos taurus*). Ducrocq e Humblot (1995) verificaram herdabilidade de 0,65 na raça Normanda.

No Brasil, QUIRINO (1999) relatou magnitudes de moderada a alta, de 0,30 e 0,50, para estimativas de herdabilidade para volume testicular na raça Nelore. Em touros jovens compostos, Fernandes Júnior (2006) estimou herdabilidade de 0,22 para a mesma característica. Analisando as correlações genéticas envolvendo volume testicular, Dias et al. (2006) apontaram a importância do desenvolvimento testicular na constituição do índice de classificação andrológica por pontos (CAP) proposto por Vale Filho et al. (1989) e Vale Filho et al. (1993). Os autores descreveram elevados valores de correlação genética de 0,99 do volume com o perímetro escrotal e 0,71 do volume testicular com CAP em touros da raça Nelore.

2.8 Características seminais

O exame andrológico é utilizado para avaliar a capacidade reprodutiva de touros, e para sua execução são realizados o espermograma e avaliação física do sêmen, além das avaliações dos órgãos genitais (FONSECA et al., 1997; KEALEY et al., 2006). Söderquist et al. (1996) e Peet et al. (1998) observaram correlações significativas entre a motilidade progressiva retilínea e a morfologia espermática em touros.

Ejaculados com qualidade de volume e concentração superiores em animais adultos foram observados; porém, sem que houvessem diferenças na motilidade, morfologia, integridade do acrossoma ou da membrana plasmática (AHMAD et al., 2011; BRITO et al., 2002a). De acordo com Bhakat et al. (2011) em seu estudo com touros da raça indiana, redução na qualidade espermática ocorre após 4 ou 5 anos de idade. Isso provavelmente é decorrente de uma menor taxa de espermatogênese (KUMI-DIAKA et al., 1981).

Diversos autores realizaram estudos observando as associações fenotípicas das características biométricas testiculares e, principalmente, o perímetro escrotal, com características seminais. Godfrey e Dodson (2005) observaram melhor motilidade e menor incidência de patologias espermáticas com o aumento do

perímetro escrotal. Em touros da raça Nelore, Viu et al. (2006) relataram correlação negativa entre os defeitos espermáticos com o volume e formato testiculares, além do perímetro escrotal. Poucos relatos de estimativas de parâmetros genéticos para características seminais foram encontrados, principalmente em touros de raças zebuínas. Nestes trabalhos, características de produção e qualidade do sêmen como concentração espermática, volume do ejaculado, turbilhonamento, motilidade e vigor espermáticos e anormalidades dos espermatozoides foram contempladas.

Na maioria dos estudos, as estimativas de herdabilidade encontradas foram de baixa magnitude, o que indicou pequeno componente genético aditivo (SARREIRO et al., 2002). No entanto, alguns trabalhos estimaram valores moderados a altos de herdabilidade (STÅLHAMMAR et al., 1989; DUCROCQ & HUMBLOT, 1995; MATHEVON et al., 1998). Como exemplos disto tem-se que alguns pesquisadores reportaram herdabilidade próxima a zero para concentração espermática (SCHLOTE & MUNKS, 1980; MATHEVON et al., 1998), enquanto outros como Ducrocq e Humblot (1995) e Kapš et al. (2000) estimaram herdabilidade de alta e moderada magnitude (0,37 e 0,26, respectivamente).

Na raça Simental, Kapš et al. (2000) relataram herdabilidade para volume seminal de baixa e moderada magnitude (0,04 e 0,18, respectivamente). Ducrocq & Humblot (1995) e Mathovan et al. (1998), em raças francesas, estimaram valores elevados de herdabilidade para a mesma característica (0,49 e 0,65, respectivamente). Estes autores ponderaram sobre a inclusão do volume seminal e concentração espermática em análises genéticas devido a variação entre ejaculados de um mesmo touro. Neste caso, a definição do método de coleta do sêmen é fator importante, pois o aumento do volume e diminuição da concentração espermática é esperado no método de eletro-ejaculação quando comparado ao método de vagina artificial.

Das características que integram o exame físico do sêmen, Kealey et al. (2006) estudando animais da raça Hereford, estimaram valor moderado de herdabilidade (0,22) para motilidade espermática. Outros estudos apresentaram estimativas de herdabilidade de baixa magnitude para motilidade espermática, cujos valores oscilaram entre 0,01 e 0,16 (GOERK et al., 1970; QUIRINO, 1999; SARREIRO et al., 2002; DIAS et al., 2008). Os relatos de estimativas de herdabilidade para vigor espermático e turbilhonamento foram também

discrepantes. Alguns autores descreveram baixa magnitude para vigor espermático, como Sarreiro et al. (2002) e Dias et al. (2006), de 0,03 e 0,08, respectivamente, enquanto Quirino et al. (1999) descreveram valor expressivamente mais alto (0,55).

As estimativas de herdabilidade relatadas para os defeitos espermáticos oscilaram de baixa a moderada magnitude. Kealey et al. (2006) obtiveram herdabilidade de 0,30 e 0,33 para defeitos espermáticos primários e secundários, respectivamente. Smith et al. (1989) relatam herdabilidade de 0,31 para defeitos espermáticos primários e 0,02 para os secundários. Quando considerada a aptidão reprodutiva, isto é, a condição do touro estar apto ou satisfatório à reprodução pela avaliação andrológica, Vale Filho et al. (1999) encontraram herdabilidade de elevada magnitude (0,75) para o índice CAP, que os autores colocaram como referência na seleção de futuros reprodutores. De forma divergente, Dias et al. (2006) estimaram herdabilidade de baixa magnitude para o mesmo índice (0,10) e concluíram para o baixo progresso genético a adoção deste índice como critério de seleção.

Além das estimativas de herdabilidade, as correlações genéticas são imprescindíveis para definirem estratégias de melhoramento. Rege et al. (2000) observaram que o percentual de anormalidades espermáticas foi negativamente correlacionado com motilidade e turbilhonamento, além do volume de sêmen e concentração espermática, tanto por associação fenotípica quanto genética.

Características andrológicas, como a libido e PE, foram correlacionadas geneticamente às seminais. Quirino et al. (2004) descreveram que touros de maior libido apresentam baixo percentual de anormalidades espermáticas, visto que as características morfológicas possuíram correlação genética favorável com a libido. Os autores também encontraram associação genética alta e negativa entre volume seminal e motilidade espermática com libido.

Correlações genéticas favoráveis entre perímetro escrotal e características de motilidade e morfologia espermática foram estimadas em distintos trabalhos. As magnitudes das correlações genéticas entre perímetro escrotal e motilidade espermática foram de moderada, como 0,34 obtida por Kealey et al. (2006), a alta, como 0,72 obtida por Dias et al. (2006). Entre perímetro escrotal e defeitos espermáticos, as magnitudes também oscilaram de -0,12 a -0,67; portanto, de baixa a alta (DIAS et al., 2006; KEALEY et al., 2006). Vale Filho et al. (1999),

em touros da raça Nelore, verificaram correlações genéticas favoráveis entre o índice de classificação andrológica (CAP) com motilidade, vigor e turbilhonamento, bem como com defeitos espermáticos e peso corporal.

2.9 Avaliação andrológica

A seleção de touros com propósito de usá-los como reprodutores é uma etapa de grande importância para os rebanhos que utilizam o sistema de monta natural, sobretudo ao considerar que o macho transmite 50% de seu genótipo para seus descendentes (QUIRINO,1999).

Vários fatores interferem na capacidade reprodutiva dos touros, como manejos reprodutivo e nutricional, idade e condições climáticas e/ou sanitárias, que podem interferir na qualidade do sêmen, refletindo em seu potencial reprodutivo. Dessa forma, a seleção de touros por meio do exame andrológico tem como finalidade selecionar animais com melhor aptidão reprodutiva (FONSECA et al., 1997).

Ter conhecimento da baixa fertilidade do animal se torna mais importante quando comparado com a esterilidade, pois poderá comprometer a produção por longo período caso não diagnosticada em tempo hábil, já que o descarte de touros por alterações na qualidade do sêmen é um fator importante por gerar prejuízo nos sistemas de produção de bovinos de corte (CHACÓN et al., 1999; HORN et al., 2003).

Assim, o exame andrológico tem como principais objetivos a seleção e comercialização de reprodutores, avaliação do potencial reprodutivo pré-estação de monta, diagnóstico de sub ou infertilidade, diagnóstico de ocorrência de puberdade, preservação *in vitro* de sêmen, entre outras indicações (FONSECA et al., 2000; FRANCO et al., 2006). O exame andrológico é baseado principalmente nas normas estabelecidas pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, e compreende a avaliação morfológica dos órgãos genitais, observação do comportamento sexual (libido e fases de cópula) exames físico-químicos do ejaculado, exame macroscópico e microscópico do sêmen, exame microbiológico, testes complementares e diagnósticos (KRAUSE, 1993).

Exames andrológicos de rotina, testes complementares e teste de comportamento sexual, associados com desempenho reprodutivo em regime de monta natural, permitem prever com maior segurança o potencial reprodutivo

dos machos, possibilitando ao produtor a otimização do uso de seus reprodutores (MARTINS, 2001). As análises rotineiras consideram o sêmen de qualidade aquele que apresenta dois aspectos importantes: motilidade espermática progressiva retilínea e baixa taxa de espermatozoides anormais (SANTOS et al., 2004).

O Colégio Brasileiro de Reprodução Animal preconiza valores de 60% de motilidade espermática e máximo de 30% de espermatozoides anormais totais, vigor 3 e movimento de massa igual a 3 para efeito de seleção de touros para a monta natural (CBRA,2013).

A fertilidade do touro é dependente da porcentagem de células anormais no ejaculado, sendo assim importante para se conhecer a eficiência reprodutiva do touro a ser analisado. As anormalidades espermáticas têm alta correlação com a taxa de fertilidade e alcançam 30% de herdabilidade (QUIRINO et al. 1999; SARREIRO et al, 2002). Blom (1973) classificou as alterações espermáticas em dois grupos: defeitos maiores e defeitos menores. Neste sistema, os defeitos maiores quando em porcentagens elevadas tem sido relacionados a distúrbios durante a espermatogênese, podendo ser relacionada quando em alta porcentagem a alterações da fertilidade ou infertilidade, enquanto os defeitos menores podem não indicar defeitos na espermatogênese e, em geral, não afetam a fertilidade, desde que não alcancem valores percentuais.

Os defeitos maiores são consequência de qualquer anormalidade que tenha sido relacionada com infertilidade ou condição patológica do testículo ou do epidídimo, incluindo subdesenvolvido, formas duplas, “knobbed sperm”, decapitados, “diadema” (“pouch formation”), piriforme, estreito na base, contorno anormal, cabeça pequena anormal, cabeça isolada anormal, “corkscrew”, defeitos da peça intermediária, gotas proximais, pseudo-gotas, cauda fortemente dobrada e enrolada, “dag defect” (BARTH & OKO, 1989; SILVA et al., 1993). Os defeitos maiores não podem ultrapassar 15% e, cada forma individual 5%.; caso contrário, a eficiência reprodutiva na monta natural será comprometida (CBRA, 1998). O importante é que os defeitos, principalmente de cabeça e peça intermediária, não ultrapassem a 5%, para não prejudicar a taxa de concepção (SILVA et al., 1993).

Segundo Vale Filho (2001) os defeitos de cabeça, "pouch formation", "diadema", "knobbed sperm", de peça intermediária e caudas fortemente enroladas, têm origem no epitélio seminífero (degeneração) e indicam uma

espermiose imperfeita.

Os defeitos menores podem ser considerados como aquelas anomalias espermáticas menos importantes, talvez não ligadas diretamente a processos patológicos dos testículos, como cabeça delgada, pequena, larga, gigante e curta, cabeças isoladas normais, destacamento de acrossoma, abaxial, gota distal, cauda dobrada e enrolada (BLOM, 1973).

No Brasil, Quirino (1999) reportou estimativas de herdabilidade e correlações genéticas entre medições testiculares, características seminais e libido de dados provenientes de touros da raça Nelore. Vale Filho et al. (1999), além das características estudadas por Quirino (1999), também estimaram herdabilidade e correlações genéticas envolvendo um índice de aptidão andrológica baseado em pontos (Classificação Andrológica por Pontos - CAP). Martinez et al. (2000) analisaram registros de exames andrológicos, de diferentes centrais de inseminação artificial, e estimaram herdabilidade e correlações genéticas para perímetro escrotal, concentração espermática, aspectos físicos e morfológicos do sêmen em touros da raça Gir. Sarreiro et al. (2002) e Quirino et al. (2004) reportaram parâmetros genéticos de libido, além de características seminais, perímetro escrotal e peso corporal em touros da raça Nelore. Outros trabalhos, nesta mesma raça, estimaram herdabilidade e correlações genéticas entre características ponderais, de biometria testicular e espermograma (SILVEIRA, 2004; DIAS et al., 2006).

Recentemente, Silva et al. (2002) estimaram herdabilidade e correlações genéticas de características seminais, testiculares e aptidão reprodutiva, tendo o perímetro escrotal aos 18 meses como característica âncora, com mais de 17.500 touros jovens da raça Nelore. De modo geral, os artigos sobre estimativas de parâmetros genéticos das características andrológicas foram sumarizados em características testiculares decorrentes do exame clínico dos testículos e bolsa escrotal, características seminais obtidas no espermograma e a libido observada em teste específico de comportamento sexual.

Hanh et al. (1969) propuseram vários métodos para prever e identificar touros jovens precoces da raça Holandesa com relação a seu potencial de produção espermática. Vários pesquisadores têm reportado que o perímetro escrotal e o peso dos testículos em animais abatidos possuem correlações positivas com o número de espermatozoides obtidos de ejaculados em coletas

frequentes após o esgotamento das reservas extragonadais (ALMQUIST e AMANN, 1976).

O perímetro escrotal possui uma relação positiva com a produção de espermatozoides e, em touros jovens é um importante indicador da produção espermática, sendo altamente correlacionados, apresentando valor máximo de 0,81 no período de 17-22 meses de idade (HAHN et al., 1969; GIPSON et al., 1985).

2.10 Morfologia espermática

A estrutura da célula espermática desempenha importante papel tanto na fertilização quanto no desenvolvimento embrionário. As anormalidades morfológicas podem variar desde defeitos evidentes até mais sutis (BARTH & OKO, 1989). A maior parte das anormalidades que envolvem a cabeça do espermatozoide, onde estão localizados mecanismos importantes para a fertilização e material genético do macho, estão ligadas à disfunção da fertilidade (NIKOLETTOS et al., 1999).

Estudo realizado por Enciso et al. (2011) mostrou correlação entre a morfologia espermática anormal e baixa qualidade do DNA do espermatozoide, podendo causar queda na fertilidade do sêmen e prejudicar o desenvolvimento dos embriões fecundados. Anormalidades da cabeça do espermatozoide podem refletir falha na espermatogênese, produzindo embriões com baixo potencial de desenvolvimento (TASDEMIR et al., 1997).

A deformidade do acrossoma pode ser descrita como área de espessamento, dando aspecto irregular ao ápice da célula afetada, devido ao excesso da matriz acrossomal, juntamente com o dobramento do acrossoma no ápice da célula espermática (“knobbed acrosome”). A maioria das células espermáticas com esta alteração apresenta ápice achatado, tendo ou não a presença de gota citoplasmática. Em bovinos, essa anormalidade foi relatada causando esterilidade ou fertilidade reduzida (BARTH & OKO, 1989). Na fertilização *in vitro* e culturas de embriões, espermatozoides com “knobbed acrosome” têm menor capacidade de penetrar a zona pelúcida dos ovócitos (THUNDATHIL et al., 2000).

Outra anormalidade são espermatozoides apresentando estreitamento da cabeça, com acrossoma normal ou com estreitamento da região pós-acrossomal

(MENKVELD et al., 2011). Estudos *in vivo* (BARTH et al., 1992) e *in vivo* (THUNDATHIL et al., 1999) mostraram que células com este defeito podem não fertilizar os ovócitos ou apresentar desenvolvimento embrionário prejudicado.

A separação entre cauda e cabeça do espermatozoide pode ser causada por inúmeros fatores que podem ter origem tanto na espermatogênese quanto na maturação espermática (BARTH & OKO, 1989). A cabeça isolada pode ser encontrada em amostras de sêmen de touros com fertilidade normal (ALUN-JONES, 1962) ou causar a infertilidade dependendo da quantidade de células afetadas (THUNDATHIL et al., 2012).

Gotas citoplasmáticas são os defeitos comuns, podendo se localizar tanto na parte proximal quanto distal da cauda (PESCH & BERGMAN, 2006). A porcentagem elevada de células com gota citoplasmática proximal pode afetar de forma negativa a fertilidade do sêmen (MORTIMER et al., 1991).

Outra anomalia encontrada é a cauda dobrada na região distal da peça intermediária do espermatozoide, podendo apresentar gota citoplasmática presa na parte interna da cauda fletida. Espermatozoides com esse defeito mostram motilidade espermática alterada (THUNDATHIL et al., 2012). Animais que apresentam inserção abaxial ou caudas acessórias podem apresentar fertilidade normal (BARTH & OKO, 1989; KOIVISTO et al., 2010).

2.11 Formato testicular

As formas testiculares ovoides-esféricas e esféricas são mais incidentes em *Bos taurus taurus* ao passo que em *Bos taurus indicus* as alongadas são predominantes (BAILEY et al., 1996; UNANIAN et al., 2000; SILVEIRA, 2004), o que repercute em perímetros escrotais menos expressivos em zebuínos comparado a taurinos (UNANIAN et al., 2000). Bailey et al. (1996) verificaram que touros com menor perímetro escrotal e testículos mais alongados poderiam ter maior volume e/ou peso testicular do que outros dotados de formatos ovoides ou esféricos e com produção espermática comparável àqueles de maior perímetro escrotal. Por outro lado, testículos alongados apresentaram maior superfície de contato com distribuição mais uniforme dos vasos sanguíneos e tecido espermático, maior gradiente de temperatura entre os polos testiculares, menor temperatura média no micro ambiente intratesticular, otimização da termorregulação e, conseqüentemente, melhores padrões seminais em condições

ambientais tropicais (BAILEY et al., 1996; KASTELIC et al., 1997). Assim, quando expostos a ambientes de altas temperaturas, o decréscimo na qualidade espermática é menos frequente e intenso em touros *Bos taurus indicus*, além destes se recuperarem mais rapidamente quando comparados com touros *Bos taurus taurus* e cruzados (BRITO et al., 2004).

2.12 Relação entre puberdade e características seminais

A qualidade do sêmen reflete o estágio de desenvolvimento do parênquima testicular e sua funcionalidade, isto é, produção constante de qualidade e quantidade de células espermáticas com habilidade de fecundar. Na fase pré-púbere o sêmen apresenta, além de baixa motilidade, alta taxa de espermatozoides anormais, principalmente com gotas citoplasmáticas, defeitos de cabeça e de cauda, refletindo a incompleta funcionalidade do tecido seminífero e das células epiteliais do epidídimo (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005).

O perímetro escrotal possui uma relação positiva com a produção de espermatozoides. Em touros jovens é um importante indicador da produção espermática, sendo altamente correlacionados, apresentando valor máximo de 0,81 no período de 17-22 meses de idade (HAHN et al., 1969). Além da relação com a produção espermática, o PE está associado aos aspectos da qualidade seminal. Segundo Brinks (1987), quando ocorre o aumento do PE em touros jovens, a motilidade progressiva espermática, concentração espermática, número espermatozoides totais no ejaculado e porcentagem de espermatozoides vivos também se elevam, e o número de espermatozoides anormais reduz. Assim, mudanças nas características corporais, testiculares e espermáticas são observadas durante o desenvolvimento reprodutivo, principalmente nas fases de puberdade e maturidade sexual (NEVES, 2007).

Na raça Nelore, Quirino (1999) verificou correlação genética alta entre o perímetro escrotal e características do sêmen (vigor: 0,89), sendo negativas com relação aos defeitos espermáticos (defeitos maiores: -0,50; menores: -0,86 e totais: -0,52), e correlações favoráveis, porém moderadas, entre o perímetro escrotal e o volume do ejaculado (0,10) e entre o perímetro escrotal e a motilidade (0,13). Estes resultados, respaldados por outros estudos, indicam ser possível obter melhora da qualidade do sêmen de touros da raça Nelore a partir da seleção para aumento do perímetro escrotal. Unanian et al. (2000) observaram alta correlação

genética entre o perímetro escrotal e o volume do ejaculado aos 12 e 18 meses de idade, sugerindo a possibilidade de predizer o potencial reprodutivo no momento da seleção de reprodutores. Estes autores também observaram que, devido à alta correlação existente entre o PE aos 12 e 18 meses de idade, é possível afirmar que a escolha de machos pode ser realizada aos 12 meses.

Do mesmo modo, Lopes et al. (2013) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o perímetro escrotal e as características seminais de touros jovens da raça Nelore, puros de origem (PO), pela classificação andrológica por pontos (CAP). Trinta e oito touros, com média de 25 meses, foram submetidos ao exame andrológico completo e à classificação andrológica por pontos. O valor médio observado para perímetro escrotal foi de 34,3 cm, sendo as médias observadas para turbilhonamento, vigor espermático e motilidade espermática progressiva retilínea de 4,03; 4,35 e 84%, respectivamente. Quanto às características morfológicas foram observados valores de 10,66 e 16,78% para os defeitos maiores e defeitos espermáticos totais, respectivamente. As estimativas de correlação entre o CAP e o perímetro escrotal e entre as características físicas do sêmen foram consideradas positivas e significativas, e para as características morfológicas do sêmen, as correlações foram consideradas negativas.

Desse modo, os autores concluíram que a maturidade sexual em touros pode ser determinada pela avaliação das características seminais, e que a classificação andrológica por pontos pode ser utilizada de forma complementar ao exame andrológico, auxiliando na avaliação do potencial reprodutivo dos touros. Silveira et al. (2010) realizaram um estudo com o objetivo de verificar o estágio de maturidade sexual, a ocorrência do formato testicular e a relação entre características reprodutivas de tourinhos da raça Nelore, utilizando-se 5.903 touros com média de 21 meses de idade submetidos a exame andrológico entre os anos de 1999 e 2003. Na ocasião do exame, foram registradas as seguintes características: perímetro escrotal (31,99 cm), comprimentos testiculares esquerdo (11,21 cm) e direito (11,26 cm), larguras testiculares esquerda (5,92 cm) e direita (5,97 cm), formato testicular variando de 1 a 5 (1,72; longos e moderado) volume testicular (632,21 cm³), motilidade espermática progressiva retilínea (70%), vigor espermático (2,87) e morfologia espermática, com defeitos totais (22,19%) e maiores (15,86%). Os autores observaram que as correlações entre perímetro escrotal e características reprodutivas foram positivas, concluindo-se que touros

da raça Nelore se apresentaram sexualmente maduros entre os 20 e 22 meses de idade, e que o perímetro escrotal e o volume testicular estão positivamente correlacionados a todas as características de biometria testicular e aspectos físicos e morfológicos do sêmen.

Vale Filho et al. (2001) avaliaram o perfil andrológico de touros da raça Tabapuã de um a dois anos de idade, criados extensivamente, nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, utilizando três lotes de animais, sendo 123 com um ano, 90 com 1,5 anos e 128 com dois anos. Estes autores observaram que o peso corporal, o PE e as medidas da biometria testicular, bem como as consistências testiculares, aumentaram progressivamente com o avanço da idade. Segundo Wenfokk (1989), o perímetro escrotal mostra uma relação alta com o peso do parênquima testicular, sendo diretamente relacionada com o número de células espermatogênicas, ou seja, touros com grandes perímetros escrotais produzem maiores concentrações espermáticas do que touros da mesma raça e idade, porém com testículos menores (REKWOT et al., 1988; SMITH et al., 1989; FRENEAU, 1991; GUIMARÃES, 1993; GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Observa-se que o perímetro escrotal sofre influência sazonal (GONÇALVES JÚNIOR, 2008). Fonseca et al. (1992) avaliando aspectos físicos e morfológicos do sêmen e perímetro escrotal na raça Nelore em diferentes períodos climáticos durante estação de monta, concluíram que a estação seca pode exercer influências consideráveis sobre a qualidade do sêmen e, conseqüentemente, sobre as condições nutricionais e climáticas, que podem determinar uma degeneração testicular em reprodutores mais susceptíveis às adversidades ambientais.

Pela facilidade de obtenção e pelo seu valor na determinação de características desejáveis, tanto no reprodutor a ser avaliado como na sua progênie, a biometria testicular constitui um dos aspectos básicos na seleção de crescimento e fertilidade (GONÇALVES JÚNIOR, 2008). Observa-se que, apesar da associação entre o volume testicular e produção de sêmen ser bem estabelecida, Thompson & Johnson (1995) não observaram modificações no desempenho reprodutivo em touros com maior ou menor PE, quando avaliado o número de vacas que ficaram prenhes no início da estação de monta. Outras fontes de variação como condição corporal das matrizes, disponibilidade de alimento e condições ambientais poderiam ter interferido nos resultados esperados.

2.13 Perímetro escrotal e características reprodutivas da progênie

A eficiência reprodutiva é aspecto importante do ponto de vista genético, uma vez que está diretamente ligada ao progresso obtido pela seleção. Para avaliar a fertilidade dos machos, avalia-se a idade à puberdade, idade à maturidade, libido, capacidade de serviço, qualidade do sêmen e perímetro escrotal. Já a fertilidade das fêmeas é normalmente avaliada pela idade à puberdade, idade à maturidade, idade ao primeiro parto, intervalo de partos e idade ao segundo parto. A eficiência reprodutiva do rebanho como um todo pode ser avaliada pelas taxas de concepção, parição e desmama (SILVA, 1998).

Dentre os métodos de melhoramento disponíveis para elevar o potencial genético dos rebanhos bovinos ou adequar os mesmos ao ambiente, destaca-se a seleção, que é a escolha dos pais que produzirão as próximas gerações. As características econômicas mais importantes em qualquer sistema de produção de carne bovina são a eficiência reprodutiva do rebanho de vacas e a taxa de crescimento dos animais (WILLHAM, 1971). As características que avaliam a eficiência reprodutiva do rebanho são mais difíceis de serem medidas e apresentam, em geral, baixa herdabilidade, indicando pouco progresso genético esperado pela seleção. Por outro lado, as características que medem a taxa de crescimento dos animais são de mais fácil obtenção e apresentam herdabilidade de média a alta, sugerindo elevado progresso genético pela seleção. Essas últimas são, portanto, mais atraentes ao criador durante o processo de seleção (SILVA, 1998).

Do ponto de vista da seleção, além do valor econômico, por ocasião da escolha dos critérios de seleção para se alcançar determinado objetivo, deve-se levar em conta as variações genéticas e fenotípicas nas características e a facilidade com que elas são medidas. Entretanto, são características de importância econômica que devem ser consideradas em programas de seleção, pois estão diretamente ligadas à produtividade das vacas do rebanho (SILVA, 1998).

O perímetro escrotal (PE) é uma característica de crescimento e, como tal, apresenta correlação genética de média a alta com o peso corporal nos machos e, nos últimos anos, tem sido incluído nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil, visando melhorar a eficiência reprodutiva dos rebanhos bovinos em função da sua herdabilidade de magnitude média e de haver

evidências de ser relacionado favoravelmente à fertilidade nos machos e nas fêmeas. O PE é a característica mais utilizada na composição dos índices de seleção e, segundo vários autores, é uma medida que pode ser obtida facilmente, é altamente herdável, além de estar correlacionada com desempenho ponderal e reprodutivo de machos e fêmeas (SILVA et al., 2000; DIAS; BOLIGON; YOKOO et al., 2007).

Nos últimos anos, em vários trabalhos tem-se relatado associações favoráveis entre desempenho ponderal e características reprodutivas em bovinos de corte, viabilizando a inclusão dessas últimas nos programas de seleção que visam o aprimoramento da eficiência reprodutiva (MERCADANTE; LÔBO; OLIVEIRA, 2000; FORNI; YOKOO et al., 2007).

Em vista do exposto, o perímetro escrotal pode influenciar diretamente toda a eficiência produtiva do rebanho. Sendo assim, objetivou-se com esta revisão de literatura discorrer sobre a relação do perímetro escrotal nas características reprodutivas da progênie.

No Brasil, vários problemas inerentes ao sistema produtivo, entre eles o baixo potencial genético dos rebanhos ou a não adequação dos mesmos ao ambiente e manejo, culminam em subutilização dos recursos disponíveis, resultando em baixa produtividade da bovinocultura (SILVA, 1998). O conhecimento genético das características associadas à eficiência reprodutiva nos machos é necessário para auxiliar na identificação dos animais não apenas mais aptos à reprodução, mas que possuem carga genética superior para as características reprodutivas.

Desse modo, faz-se necessário conhecer a magnitude do componente genético aditivo associado a essas características reprodutivas e suas inter-relações (SARREIRO et al., 2002). Quando a herdabilidade estimada para determinada característica é alta, o valor fenotípico é um bom indicador do valor genético do animal. Características de baixa herdabilidade, exceto quando a intensidade de seleção é alta, não apresentam respostas satisfatórias ao trabalho de seleção dos animais. Pela análise dessa estimativa é possível determinar a estratégia a ser utilizada no melhoramento de determinada característica e, assim, estimar o progresso esperado no rebanho. É importante ressaltar que a herdabilidade é uma propriedade não apenas da característica, mas também da população e das circunstâncias ambientais às quais os indivíduos estão sujeitos (SESANA, 2005).

Dentre as características de fertilidade, o perímetro escrotal (PE) tem sido apontado como uma característica relacionada à fertilidade herdada, e sua seleção tem sido útil não somente por ser compatível com seleção para crescimento, mas também por aumentar o nível de produtividade em um dado ambiente (BOURDON; BRINKS, 1986). O testículo é o órgão responsável pela produção de espermatozoides e de hormônios sexuais (testosterona, progesterona e estrógeno). Os túbulos seminíferos de um touro ocupam, em média, 75% do seu volume testicular, e dessa forma, reprodutores com testículos mais volumosos e, portanto, de maior PE, são capazes de apresentar maior produção diária de espermatozoides em relação aos reprodutores que apresentam PE pequenos ou médios (FONSECA, 2001). Assim, o tamanho testicular está relacionado também com características reprodutivas dos machos, tais como a libido, precocidade reprodutiva, bem como aspectos quantitativos e qualitativos do sêmen (FONSECA, 2001).

Medidas biométricas testiculares fornecem importante prognóstico da vida reprodutiva futura em bovinos pelas correlações com produção de gametas, fertilidade, características de produção, desenvolvimento ponderal e precocidade, além de ser um método simples, seguro e de fácil mensuração (DERAGON; LEDIC, 1990). Como o crescimento mais intenso dos testículos ocorre próximo à puberdade, a tomada da medida do PE neste período é estratégica para avanços genéticos em fertilidade e precocidade sexual (SILVA; DODE; UNANIAN, 1993).

O PE é uma característica que apresenta evidências em bovinos de corte, estando relacionado favoravelmente com o peso dos testículos (COULTER 1982), características do sêmen (KNIGHTS et al., 1984), idade à puberdade (VIEIRA; ALENCAR; ESTEVES, 1988) e fertilidade (McCOSKER et al., 1990) nos machos, bem como com características de fertilidade das fêmeas (BRINKS; McINERNEY; TOELLE; ROBISON, 1985; MEYER et al., 1991; MARTINS FILHO; LÔBO, 1991; ALENCAR et al., 1993). Assim, como a raça influencia a idade à puberdade, sendo consideradas mais precoces as raças europeias que sofreram muitos anos de seleção, o PE também varia com a raça (SILVA, 2002).

Os testículos, conforme as raças, podem também apresentar várias formas, desde alongada até redonda. Nas raças zebuínas, em particular na raça Nelore, que é um bovino tipicamente tropical, para se usar o PE como indicador de seleção é

necessário seguir critérios específicos, como o da forma testicular mais alongada, que resulta em um PE menor que dos animais europeus na mesma idade (SILVA, 2002). No caso da raça Canchim, o PE aos 12 meses de idade é importante, uma vez que Hirata et al. (1998) verificaram maior crescimento testicular ao redor dos 12 meses de idade.

Assim, essa característica é sugerida como critério de seleção para fertilidade, pois indica precocidade reprodutiva nos machos e nas fêmeas. Rocha & Basile (1981) encontraram valores para comprimento e largura dos testículos de 10,7 e 5,1 cm respectivamente, em touros Nelore com idade entre 17 e 20 meses. No estudo realizado por Pinho et al. (2001), quando foram avaliados 95 touros Nelore com 18 meses de idade, observou-se que os animais que apresentavam maior PE possuíam melhor densidade seminal, confirmando a alta correlação entre esta característica e a concentração espermática. Unanian et al. (2000) utilizaram 442 machos Nelore puros de origem para avaliar as características de forma e volume testicular, objetivando caracterizar a importância destas medidas na avaliação e seleção de reprodutores. Tais autores concluíram que, ao se praticar seleção em animais jovens, tão importante quanto o PE é a medida do volume testicular.

Segundo Wenkoff (1989), o PE apresenta uma alta correlação com o peso do parênquima testicular (0,95) que, por sua vez, está diretamente relacionada com o potencial produtivo de células espermatozóides. Assim, touros com grandes perímetros escrotais produzem maiores concentrações espermáticas do que touros da mesma raça e idade com testículos menores (GUIMARÃES, 1993). Barbosa et al. (1993) verificaram correlação genética negativa e de magnitude média (-0,44) entre PE aos 12 meses de idade e o seu crescimento dos 12 aos 18 meses de idade, sugerindo que os animais com elevado potencial genético para PE aos 12 meses tem menor potencial para o crescimento testicular dos 12 aos 18 meses. Isso indica que, nesse caso, para a raça Canchim, o PE aos 12 meses é uma boa medida de precocidade sexual. Segundo Vieira et al. (1988), na raça Canchim, objeto de seu estudo, existe correlação fenotípica negativa entre PE aos 12 meses e idade à puberdade nos machos, sendo, portanto, as duas características consideradas como de precocidade. No Brasil, para a raça Canchim, Alencar et al. (1993) estimaram valores de herdabilidade iguais a 0,4; 0,36 e 0,31 aos 12, 18 e 24 meses de idade. Na raça Nelore, estimativas variando de 0,23 a 0,77 foram

obtidas para pesos dos 12 aos 24 meses de idade (MARTINS FILHO; LÔBO, 1991). Esses valores indicam que a característica possui variação genética suficiente para incluí-la como critério de seleção (SILVA, 1998).

Considerando o modelo única característica, Sesana (2005) estimou herdabilidade, na raça Nelore, de 0,22 para PE mensurado aos nove meses idade e 0,43 para PE mensurado aos 12 e 15 meses de idade, sendo superior aos descritos por Silveira et al. (2004), que estimou herdabilidade de 0,39 para PE mensurado aos 18 meses, para a mesma raça. O valor registrado nesses estudos pode ser considerado de média a elevada magnitude.

Nos trabalhos desenvolvidos por Meyer et al. (1991), Gressler et al. (2000), e Boligon et al. (2007), as herdabilidades estimadas para PE à desmama foram praticamente as mesmas, cujos valores variaram de 0,24 a 0,26. Por outro lado, Silva et al. (2000) e Gianloureço et al. (2003) obtiveram estimativas de herdabilidade superiores para essa característica, com valores de 0,30 a 0,52. Comparando as herdabilidades estimadas para PE à desmama e ao sobreano, Gressler et al. (2000), Frizzas (2006) e Boligon et al. (2007) verificaram a existência de maior variabilidade genética para PE ao sobreano, indicando que esta idade é a mais adequada para seleção pelo PE. De modo semelhante, utilizando medidas de PE em diferentes idades, Yokoo et al. (2007) concluíram ser possível selecionar animais com maiores PE em diferentes idades, utilizando apenas o PE mensurado próximos aos 450 dias de idade.

As estimativas de herdabilidade média de PE descritas na literatura variam de 0,22 a 0,53 (SILVA et al., 2000; PEREIRA; DIAS; GIANLORENÇO et al. 2003; BOLIGON; YOKOO et al., 2007). Tais autores sugeriram a existência de variabilidade genética aditiva suficiente para obtenção de progresso genético na característica com a seleção de touros jovens. A amplitude das estimativas de herdabilidade para PE deve-se, em parte, às metodologias de análise dos dados e às diferenças entre as raças e os grupos estudados (SESANA, 2005). Alencaret al. (1993) observaram efeito de ano e época de nascimento sobre o PE de touros da raça Canchim aos 12, 18 e 24 meses idade. Cyrillo et al. (2001) verificaram efeitos de ano da prova e idade (linear) sobre PE de animais zebuínos. Efeito de ano de nascimento sobre essa característica também foi observado em animais de raças britânicas por Nelsen et al. (1986) e Smith et al. (1989), enquanto que Bourdon & Brinks (1986) relataram efeito linear de idade do animal.

2.14 Correlação genética entre volume e perímetro escrotal e as características reprodutivas do macho

No Brasil, existem poucos relatos a respeito das associações genéticas entre características testiculares e seminais em touros zebuínos, sendo que as mais estudadas incluem mensurações biométricas (comprimentos e larguras testiculares, volume e formato testicular), características físicas (motilidade e vigor espermático) e morfológicas (defeitos maiores, menores e totais) do sêmen (QUIRINO et al., 1999, 2004; SARREIRO et al., 2002; SILVEIRA, 2004; DIAS et al., 2006, 2008).

A escolha de reprodutores com base apenas no PE está sendo questionada (CALDAS et al., 1999; UNANIAN et al., 2000), pois estudos sugerem que, em animais zebuínos, o volume testicular (VT) seria a característica indicadora mais adequada na seleção para precocidade sexual e desempenho reprodutivo de fêmeas e machos. A predominância do formato testicular longo nos machos zebuínos, em particular na raça Nelore, em razão do PE normalmente pequeno, tem preocupado os criadores ao selecionarem os seus reprodutores. Esse fato se deve, em boa parte, aos critérios adotados na seleção para PE, de modo que machos com testículos longos podem ser eliminados por apresentarem perímetros menores que os seus contemporâneos de testículos ovais ou esféricos (UNANIAN et al., 2000).

Correlações genéticas favoráveis e de alta magnitude entre VT e comprimento e largura dos testículos indicam a existência de base genética comum para essas características e de influência direta do comprimento e da largura sobre a massa testicular. Entretanto, correlações genéticas favoráveis e de alta magnitude entre VT, comprimentos e larguras testiculares com o PE indicam que este último parâmetro é adequado para ser utilizado nos programas de seleção para predição do tamanho dos testículos em animais da raça Nelore (DIAS et al., 2008). Segundo Quirino et al. (1999), touros com maiores PEs apresentam maiores massas testiculares e pesos corporais maiores.

Correlações genéticas altas e favoráveis entre PE e peso corporal (0,72), volume testicular (0,99), comprimento e largura dos testículos esquerdo (0,91 e 0,96) e direito (0,81 e 0,96) indicam compatibilidade de seleção para crescimento corporal e fertilidade nos programas de seleção de reprodutores da raça Nelore (DIAS et al., 2008). Valores inferiores, porém ainda de alta magnitude entre PE e

comprimento testicular esquerdo e direito (0,67 e 0,68) foram registrados por Quirino (1999) e de 0,58 e 0,59 foram registrados por Silveira (2004).

Silveira (2004), Dias et al. (2008) e Sesana et al. (2007) observaram correlações genéticas favoráveis para PE e VT, com valores de 0,88; 0,99 e 0,81, respectivamente, o que sugere que a seleção para precocidade sexual realizada por meio do PE levaria a uma resposta correlacionada no volume testicular.

O formato testicular (FT) é outra característica importante na avaliação de machos, especialmente quando se trata de animais zebuínos. Grande parte dos animais zebuínos apresentam FT longo ou longo-moderado com correlações genéticas positivas de 0,33 e 0,28 com largura dos testículos direito e esquerdo (SILVEIRA, 2004). Unanian et al. (2000) também observaram que o PE é mais influenciado pela largura do que pelo comprimento dos testículos. Ambas características são, portanto, influenciadas pela mesma variável (largura testicular), podendo comprometer essa associação em animais de testículos longos. Contudo, Silveira (2004) e Dias et al. (2008) relataram correlação genética favorável entre PE e FT (0,24 e 0,39), demonstrando que a seleção para o aumento do PE poderia gerar uma resposta positiva correlacionada para aumento do FT. Entretanto, Silveira (2004), relatou que essa mudança não seria dos formatos alongados para os formatos ovais ou esféricos, mas sim dentro dos formatos alongados, uma vez que as condições de ambiente que influenciam o alongamento do formato testicular em zebuínos serão encontradas em praticamente todo o território nacional.

Em relação às características físicas do ejaculado (motilidade e vigor espermático), existem diversos resultados quanto as correlações genéticas, que normalmente se apresentam favoráveis e com alta magnitude, demonstrando assim a importância do PE para essas características e a base genética comum entre elas. Quanto ao PE e a motilidade espermática, os resultados variaram de 0,13 a 1,00, enquanto os resultados de correlações genéticas entre PE e vigor espermático variaram de 0,69 a 0,99 (QUIRINO et al., 1999; SARREIRO et al., 2002; SILVEIRA, 2004; DIAS et al., 2006, 2008). Segundo estes autores esses resultados variados se deve à subjetividade das avaliações e à influência de fatores residuais.

Quanto a morfologia dos espermatozoides avaliada durante o exame andrológico, as mesmas são classificadas em defeitos maiores (DM), menores

(DMe) e totais (DT), conforme Blom (1983). Dias et al. (2008) registraram correlações genéticas entre PE com DMe e DT de -0,67 e -0,12, indicando associação positiva entre o desenvolvimento testicular e as características morfológicas desejáveis do sêmen, acreditando que a seleção de reprodutores baseada no PE resulta na seleção indireta e favorável das características seminais.

2.15 Curvas de crescimento

Quando um conjunto de pesagens (ou medidas de altura) é tomado em um mesmo indivíduo, desde o nascimento até a maturidade, é possível modelar uma curva de peso em função da idade para representar o crescimento. Esta curva é chamada de “curva de crescimento” e, há muito, vem despertando o interesse de pesquisadores de diversas áreas (OLIVEIRA, 1995). O termo curva de crescimento lembra a imagem de uma curva sigmoide que descreve uma série de medidas de tamanho no longo do tempo. Estes dados podem ser caracterizados de três formas: estática, seccional-cruzada e longitudinal. No tipo estático, uma ou várias medidas de tamanho são observadas num determinado grupo de animais com a mesma idade ou estágio de desenvolvimento, mas, estes dados fornecem pouca informação sobre o padrão de crescimento e desenvolvimento (FITZHUGH, 1976).

De acordo com Brody (1945) e Arango & Vleck, (2002) o crescimento é observado por fatores genéticos e condições ambientes. A combinação destes fatores, em conjunto com as condições de manejo e fatores intrínsecos, como o sexo, a idade, e o estado fisiológico, determinarão a expressão fenotípica do crescimento. Mesmo sabendo que o crescimento possa variar em todos os indivíduos, o mesmo segue um padrão bem definido em todas as populações de animais quando relacionado à idade. No início do desenvolvimento do animal, ocorre um crescimento mais acelerado e o aumento de peso é maior em relação aquele que ocorre próximo à idade adulta, onde observa-se uma curva de evolução sigmoide ascendente. Com o desenvolvimento do indivíduo, ocorre uma alteração na velocidade do crescimento apresentando uma mudança na curvatura, identificando-se o ponto de maior velocidade de crescimento corporal, o qual é identificado como ponto de inflexão (GOMEZ et al., 2008).

Após o ponto de inflexão, o crescimento diminui e conseqüentemente a taxa de crescimento é cada vez mais lenta. Essa tendência continua até que o

crescimento se estabiliza, fato que matematicamente corresponde com a assíntota horizontal (GOMEZ et al., 2008).

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 uma 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 (FITZHUGH, 1976).

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 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 (ULUTAS et al., 2010). 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 e FRANÇE, 2005).

2.16 Aplicação dos modelos não-lineares na avaliação de curvas de crescimento

Várias funções matemáticas têm sido empregadas objetivando representar o crescimento animal, visto que estas descrevem as variações entre o tamanho de um organismo ou de uma população com a idade (GOMEZ et al., 2008). Atualmente as funções mais utilizadas são as não lineares (QUIRINO et al., 1999; NIETO et al., 2003; BILGIN et al., 2004; NEVES, 2007).

Com relação a análise estatística, a observação de possíveis relações entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes pode ser realizada através de modelos de regressão lineares e não lineares. Conclui-se que um modelo é linear quando as derivadas parciais da variável dependente em relação a cada parâmetro não forem funções dos próprios parâmetros, isto é, as derivadas não dependem dos parâmetros, são independentes (FERREIRA, 2006).

Considera-se modelo não linear quando as derivadas parciais da variável dependente em relação a cada parâmetro são funções dos próprios parâmetros. É preciso que apenas uma de suas derivadas sejam funções dos parâmetros para o modelo ser considerado como não linear (FERREIRA, 2006). Considera-se o modelo de regressão não linear intrinsecamente linear, sendo capaz de ser transformado para modelo linear por meio de uma adequada reparametrização. Entretanto, a desvantagem dessa transformação é que além do parâmetro perder sua interpretação intrínseca, pode causar uma alteração na estrutura e distribuição do erro (MAZUCHELI e ACHCAR, 2002). O uso dos modelos de regressão não lineares é vantajoso, pois, permitem acomodar grande número de mensurações em alguns parâmetros com interpretação biológica (LOAIZAECHEVERRI et al., 2013). Os modelos de regressão não lineares são muito utilizados para representar a curva de crescimento animal.

Contudo, são necessários critérios objetivando avaliar a habilidade do ajuste dos modelos, com finalidade de estabelecer o modelo mais adequado para representar o crescimento animal (RONDON et al., 2002). Permitem 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 e utiliza-se para derivar outras características de crescimento relevantes (BERRY et al., 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 são os mais empregados em diversos estudos para descrever as curvas de crescimento animal.

3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi descrever a curva de crescimento do volume testicular (VT) em função da idade por meio de modelo não linear logístico e avaliar as características espermáticas de touros Nelore com maior e menor perímetros escrotais (PE).

A hipótese inicial é de que touros jovens com idade entre 18 e 21 meses de idade tenham um volume testicular com características seminais desejáveis para reprodução. Com base nos resultados do presente estudo será possível indicar ou não o uso de touros mais jovens para reprodução. Desta forma, o resultado do presente estudo poderá corroborar com a indicação do uso do volume testicular como parâmetro de seleção precoce de touros jovens para reprodução, visando o aumento na produção da propriedade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais

Este trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV (59/2018). Os dados empregados nas análises deste estudo foram provenientes do arquivo de dados de exames andrológicos realizados no período de 1996 a 2008, utilizando touros da raça Nelore provenientes de uma propriedades: uma situada em Magda/SP (20,6455° Sul, 50,2314° Oeste), com temperatura média anual de 22 °C e precipitação anual de 1200 mm; e a segunda, em Dois Irmãos do Buriti/MS (20,2947° Sul, 55,4454° Oeste), com temperatura média anual de 23, °C e precipitação anual de 1400 mm.

Em ambas as fazendas, a estação de parto ocorre de agosto a novembro. Após o nascimento, os bezerros eram mantidos com suas mães em pastagem de *Urochloa spp*, com água e sal mineral *ad libitum*. O desmame era realizado quando os bezerros atingiam 7-8 meses de idade. A biometria testicular foi obtida anualmente no momento do exame andrológico, que começou aos 18 meses de idade.

A avaliação andrológica dos animais se deu a partir dos 18 meses de idade. O perímetro escrotal (PE) foi mensurado com auxílio de fita métrica na maior região do escroto, considerando ambos os testículos posicionados lado a lado deixando a pele do escroto distendida.

A largura (latero-medial) e o comprimento (dorso-ventral; incluindo a cabeça e excluindo a cauda do epidídimo) testiculares foram obtidos com auxílio de paquímetro e o volume testicular foi calculado conforme proposto por Bailey et al. (1998): $VOL = 2[(r^2) \times P \times h]$ em que $r = LARG/2$, $h = COMP$, e $P = 3,14$.

Touros com testículos assimétricos (diferença entre largura e/ou comprimento entre o testículo direito e esquerdo maior que 1 cm) foram removidos do conjunto de dados. Pelo menos quatro avaliações biométricas foram realizadas por touro.

Para o cálculo da curva de crescimento do VT, foi usado o volume dos dois testículos. Relações genéticas entre os indivíduos foram desconsideradas.

4.2 Coleta e avaliação seminal

O sêmen foi coletado por meio do uso de eletroejaculador. Para tanto, o animal era contido em brete e a coleta realizada com o auxílio de um aparelho que consiste em um eletrodo com mais ou menos 6 cm de diâmetro e 35 a 40 cm de comprimento, possuindo uma extremidade polida que é introduzida no reto do touro; a outra extremidade possui um cabo que está ligado ao eletroestimulador e um botão regulador de intensidade de corrente. Logo após a contenção do touro, colocou-se o eletrodo no reto do animal e, em seguida, ligou-se a corrente, de forma a produzir estímulos a cada 3 segundos, que estimulam as glândulas genitais acessórias, levando à ejeção do ejaculado (VASCONCELLOS, 1983).

Após a coleta, foi avaliada a motilidade espermática (0-100%) e a classificação morfológica em defeitos menores e defeitos maiores foi realizada de acordo com Blom (1973) e preconizado pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA 2013).

4.3 Delineamento experimental

Na ocasião do primeiro exame andrológico aos 18-21 meses de idade, os animais foram distribuídos de acordo com o perímetro escrotal (PE) em dois grupos, conforme o tamanho do PE: Grupo Maior PE (PE > 34 cm, com 209 avaliações de 46 touros) e Grupo Menor PE (PE < 30 cm, com 234 avaliações de 50 touros). Posteriormente, as mensurações foram reavaliadas anualmente, quando da permanência dos touros no rebanho, de acordo com as estratégias de acasalamento empregado pela empresa.

4.4 Análises estatísticas

Os parâmetros da curva de crescimento do volume testicular foram estimados pelo modelo logístico: $TV_t = \frac{\beta_1}{1 + \beta_2 e^{(-\beta_3 t)}} + e_i$ em que: TV_t é o volume testicular aos t dias; β_1 é o valor de TV na maturidade; β_2 é uma constante de integração; β_3 é o índice na maturidade; e e_i é o erro do modelo e será assumido que $e_i \sim NID(0, \sigma^2)$.

Os parâmetros da curva (β_1 , β_2 , e β_3) foram obtidos utilizando o *MODEL procedure* do SAS (SAS, 2002). A autocorrelação residual foi verificada pelo teste de Durbin-Watson. Quando a autocorrelação residual foi encontrada, o

MODEL procedure determinou os parâmetros da função de crescimento pelo método dos mínimos quadrados generalizados para modelos de regressão não linear com erros autorregressivos de primeira ordem (AR(1)) (SAS, 2002). O ponto de inflexão foi calculado a partir do cálculo de $\frac{\beta_1}{2}$.

Os valores médios para as características seminais (motilidade, defeitos espermáticos maiores e menores, e espermatozoides normais) foram comparados entre os touros dos grupos Maior PE e Menor PE em duas idades diferentes, aos 18-21 meses e aos 37-48 meses. Para esta análise foi realizado o teste da ANOVA considerando 5 % de probabilidade de erro.

A correlação entre os valores observados de perímetro escrotal e volume testicular foi avaliada pela correlação simples de Pearson.

5. RESULTADOS

As estimativas dos parâmetros da curva de crescimento do volume testicular estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento do volume testicular pelo modelo Logístico em touros da raça Nelore, classificados em Menor e Maior PE, aos 18-21 meses de idade.

Grupo	β_1	β_2	β_3
Menor PE	941.51±23.54	5.95±1.15	0.0022±0.00025
Maior PE	1015.53±25.41	2.22±0.38	0.0019±0.00027

β_1 (assíntota) é o valor de VT na maturidade; β_2 é uma constante de integração; β_3 é o índice na maturidade.

As curvas de crescimento do VT para cada grupo estão apresentadas na figura 1.

De acordo com a equação obtida para a curva de estimação de volume testicular, as estimativas obtidas para o ponto de inflexão (momento no qual a aceleração do crescimento termina e a fase de auto inibição começa, até atingir a maturidade, foram com o volume de 507,8 cm³ em 419,6 dias de idade para o

grupo com maior PE e de 470,8 cm³ em 808,4 dias de idade para o grupo com menor PE.

Houve forte correlação entre os valores observados de PE e VT ($r = 0.91$; $P < 0.0001$).

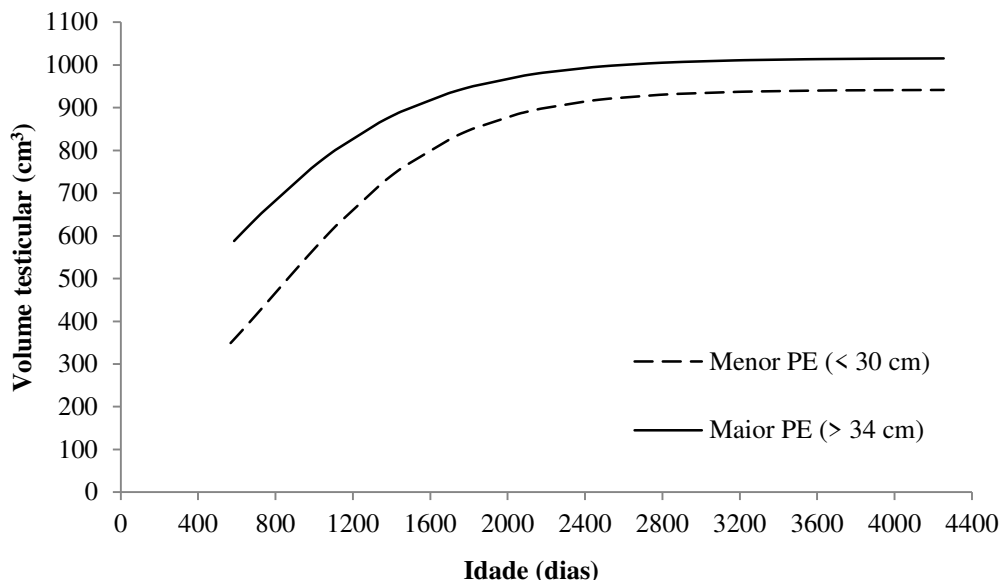


FIGURA 1: Curva do crescimento do volume testicular estimada utilizando modelo logístico em touros da raça Nelore, classificados de maneira divergente segundo o perímetro escrotal medido aos 18-21 meses de idade.

Os touros do grupo Maior PE apresentaram melhores parâmetros espermáticos ($P < 0.05$) em relação aos touros do grupo Menor PE aos 18-21 meses de idade. Contudo, nenhuma diferença ($P > 0.05$) entre os grupos foi verificada aos 37-48 meses de idade (Tabela 2).

TABELA 2: Características espermáticas de touros da raça Nelore, aos 18-21 e aos 37-48 meses de idade, classificados em Maior e Menor PE aos 18-21 meses de idade.

Grupos	Motilidade Espermática (%)	Espermatozoides Normais (%)	Defeitos Maiores (%)	Defeitos Menores (%)
<i>18-21 meses de idade</i>				
Maior PE	70,6 ± 2,4 ^a	76,3 ± 2,8 ^a	17,3 ± 2,5 ^b	6,4 ± 0,9 ^a
Menor PE	58,8 ± 3,1 ^b	66,3 ± 3,2 ^b	27,9 ± 3,0 ^a	5,8 ± 0,6 ^a
<i>37-48 meses de idade</i>				
Maior PE	76,1 ± 1,5 ^a	85,3 ± 1,3 ^a	9,7 ± 0,9 ^a	5,0 ± 0,7 ^a
Menor PE	72,4 ± 1,8 ^a	83,7 ± 2,5 ^a	11,6 ± 2,2 ^a	4,7 ± 0,6 ^a

Letras diferentes na mesma coluna para cada faixa etária diferem em entre si ($P < 0,05$); Média e desvio padrão. PE = perímetro escrotal

6. DISCUSSÃO

Os Modelos de regressão não-lineares estes são considerados os mais adequados para o estudo da variação do perímetro escrotal em função da idade. Terawaki et al. (1994) e Quirino & Bergmann (1999) ajustaram diferentes funções não-lineares para o estudo do crescimento testicular de bovinos e concluíram que a melhor função de ajustamento para touros das raças Holandesa e Nelore foi a logística.

Unanian et al. (2000) relataram o uso de modelos não-lineares para descrever a curva de crescimento do perímetro escrotal em animais domésticos. Esses autores se concentraram em alguns modelos não-lineares, enquanto isso outros modelos permaneceram esquecidos (BAILEY et al., 1996).

Objetivando testar a fórmula que melhor representasse o volume testicular dos machos Nelore, foram realizadas medidas *in situ* e *in vitro* (medidas de testículos de animais de abatidos através do deslocamento de líquido e por medição através de paquímetro) segundo a fórmula de Fields et al. (1979). Entretanto, Yadav & Sharma (1994) relataram inviabilidade desta fórmula de elipsoide devido, pois segundo eles a mesma superestimava o volume testicular. Contudo, não existe concordância quanto à fórmula matemática para medição exata do volume testicular, possivelmente em função da variação da morfologia dos testículos entre as raças bovinas. Todavia, segundo BAILEY et al. (1998), o volume testicular pode ser medido de forma precisa, uma vez que se utilizem medidas bidimensionais, como o comprimento e a largura dos testículos. Dessa forma, o presente estudo optou pelo uso da fórmula de BAILEY et al. (1998).

Estudos mostram que o perímetro escrotal (PE) é a variável primária usada para selecionar touros para programas de reprodução que tem como foco o desempenho reprodutivo (SIQUEIRA et al., 2013; PENITENTE-FILHO et al., 2018a). Entretanto, segundo Bailey et al. (1996) o PE não deve ser o único parâmetro para avaliar a produção espermática, pois segundo estes autores, quando compararam grupos de animais com formatos testiculares diferentes (ovoides, alongados e esféricos), observaram que o formato testicular teve influência quanto a produção espermática.

No estudo realizado por Pinho et al. (2001), no qual foram avaliados 95 touros Nelore com 18 meses de idade, observou-se que os animais que

apresentavam maior PE possuíam melhor densidade seminal, confirmando a alta correlação entre esta característica e a concentração espermática. Unanian et al. (2000) utilizaram 442 machos Nelore puros de origem para avaliar as características de forma e volume testicular, objetivando caracterizar a importância destas medidas na avaliação e seleção de reprodutores. Estes autores concluíram que, ao se praticar seleção em animais jovens, o PE tão importante quanto a medida do volume testicular. Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho onde foram observados valores de VT 507,8 cm³ em 419,6 dias de idade (14 meses) para o grupo com maior PE e de 470,8 cm³ em 808,4 dias de idade (26,95) para o grupo com menor PE, tendem a corroborar com os autores citados acima.

Os dados observados no presente estudo mostram que os touros com idade 18-21 meses de idade com PE maior, apresentaram melhores características seminais em relação aos animais com menor PE, estando dentro dos valores preconizados pelo CBRA (2013). Esses resultados corroboram com os resultados de Silva et al. (1993) que consideram que um sêmen de boa qualidade sendo aquele que apresenta duas características importantes quando realizada análises rotineira: motilidade progressiva e baixa porcentagem de células espermáticas anormais. Entretanto, quando esses mesmos animais foram reavaliados 37-48 meses de idade não foram observadas diferenças significativas entre menor e maior PE.

Silva et al. (2002) observou que a motilidade progressiva observada no sêmen dos touros da raça Nelore aumentou com a idade, sendo semelhante à descrita por Silva et al. (1991 b). Em todas as faixas etárias, foi verificada alta variação individual, em que os touros apresentaram MOT de 5 a 95%. A maior variação da MOT ocorreu nos touros jovens até 18 meses (5 a 80%), em um intervalo de PE de 21 a 26 cm. Esta variação da motilidade deve-se, provavelmente, ao desenvolvimento destes animais que deveriam estar na fase puberal ou próximos desta e, portanto, apresentando epitélio seminífero, todavia, em formação (LUNSTRA et al., 1978). Nas demais faixas etárias, na maioria dos animais (90%), principalmente acima de 24 meses de idade, a motilidade continuou apresentando alta variação, porém com amplitude menor, de 40 a 80%.

Segundo Lunstra & Echtunkam (1982) ocorre uma diminuição das anomalias no sêmen de touros adultos em relação aos de touros jovens. Já Bame

et al. (1988) relatam que a maturidade espermática pode ocorrer com touro maduro. Ambos os trabalhos citados acima corroboram com este estudo quando os touros foram reavilados entre 37-48 meses de idade. Entretanto, estudos com amostras de sêmen de animais jovens, mostraram alta motilidade espermática, porém este parâmetro diminuiu com a idade (CARREIRA et. al., 2017). Esta diminuição na motilidade espermática pode estar associada a danos oxidativos nas células espermáticas que levam a alteração do movimento flagelar. O que não se observou neste estudo, pois houve diferença estatística na motilidade espermática apenas no grupo de 18-21 meses de idade com o menor PE.

Com relação a maturidade sexual nos machos, diferentemente do que acontece nas fêmeas, ocorre cronologicamente a intervalos muito longos, variando entre 16 e 20 semanas após o estabelecimento da puberdade (LUNSTRA & ECHTERNKAMP, 1982). Após a fase puberal ocorrem marcadas mudanças quantitativas e qualitativas na produção espermática, estabilizando-se com a maturidade sexual do touro. Observa-se, neste período, aumento do volume seminal, da motilidade espermática progressiva, do vigor, da concentração espermática total e o decréscimo das patologias espermáticas (GARCIA et al., 1987; EVANS et al., 1995). Os resultados obtidos neste estudo quanto as características espermáticas reforçam as conclusões dos trabalhos destes autores, onde os animais com idade entre 18-21 meses demonstram diferenças significativas quando comparado maior e menor PE onde apenas a característica de defeitos menores não teve diferença.

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.

De acordo com Gressler et al. (2000), a seleção para PE aos 12 meses (-0,08 com IPP) seria mais efetiva que a seleção para PE aos 18 meses (0,21 com IPP) quando se deseja obter melhorias relacionadas às características reprodutivas

das fêmeas, o que indica que a seleção de animais com maior PE aos 12 meses de idade estaria associada à escolha de animais que apresentassem maiores níveis de hormônios gonadotrópicos, culminando com a puberdade, início de atividade reprodutiva de machos e fêmeas, com concepções mais precoces na primeira estação de monta e a antecipação das datas do primeiro parto. Segundo estes autores, aos 18 meses de idade, a maioria dos animais já estaria em período pós-púbere, e a seleção praticada para maiores PE nessa idade estaria associada a maior peso corporal e, possivelmente, à menor precocidade reprodutiva em ambientes tropicais.

Osório et al. (2012) relataram que o crescimento dos testículos e o ganho de peso ocorrem progressivamente, ao longo do desenvolvimento do animal, dos seis até aos 36 meses idade. O mesmo foi observado em outros estudos realizados dos sete aos 30,7 meses de idade em machos da raça Guzerá (TORRES E HENRY, 2005; CARMO, 2007; ECHEVERRY, 2010).

O desenvolvimento testicular descrito pela função logística apresentou o ponto de inflexão máximo do perímetro escrotal e do volume testicular aos 13,21 meses de idade (18,1 cm) e 23,3 meses de idade (389,4 cm³), respectivamente (OSÓRIO et al., 2012).

Penitente-Filho et al. (2018b) trabalhando com a curva de crescimento de PE em Nelore, observou que os touros com PE maior que 34 cm apresentaram testículos maiores em todos os períodos analisados, entretanto touros com menor PE mostraram o PE parecido com os grupos intermediários (28 cm < SC < 32 cm), com aproximadamente 1200 dias de idade. Dessa forma, sugere-se que touros classificados como inadequado para reprodução aos 18 ± 21 meses de idade, podem atingir condição semelhante aos touros considerados em boa condição para reprodução na vida adulta. Esses mesmos autores estimaram o ponto de inflexão para PE em 517,63 dias com 30,2 cm através do modelo proposto por Tanaka.

Pastore (2008) e Rodrigues (2000) relataram em seu estudo com bovinos da raça Nelore, que a característica de PE apresentou correlação positiva com o volume testicular (0,86), motilidade espermática (0,17) e vigor espermático (0,20), dessa forma, quando um animal é selecionado para PE, indiretamente será selecionado também para volume testicular, motilidade e vigor espermático. Da mesma forma, Osório et.al (2012) trabalhando com bovinos da raça Guzerá,

encontraram forte associação entre o perímetro escrotal e o volume testicular nos diferentes momentos do desenvolvimento testicular, tanto antes quanto depois do ponto de inflexão. Observou-se correlação de $r = 0,91$ ($p < 0,0001$) considerando-se todas as observações entre as duas características.

Métodos para identificar touros jovens precoces da raça Holandesa com relação a seu potencial de produção espermático e, particularmente, com alta produção espermática foram propostos por Hanh et al. (1969). Vários pesquisadores têm reportado que o perímetro escrotal e o peso dos testículos em animais abatidos possuem correlações positivas com o número de espermatozoides obtidos de ejaculados em coletas frequentes após o esgotamento das reservas extragonadais (ALMQUIST e AMANN, 1976).

De acordo com Carmo (2008), estudando machos da raça Guzerá mantidos em regime de pastejo e suplementação na seca (março a agosto) com volumoso (silagem de capim) e sal proteinado, observou que a puberdade ocorre a partir dos 15,2 meses de idade e 21,5 cm de perímetro escrotal. Vale-Filho et al. (2003) observaram, em machos da raça Nelore, a ocorrência dos primeiros espermatozoides móveis no ejaculado dos 10 aos 12 meses de idade e perímetro escrotal de 23 cm.

Osório et al. (2012) relataram que a idade média na puberdade foi de 19,6 meses, com 250,6 kg de peso, 22,8 cm de perímetro escrotal e 284,7 cm³ volume testicular. A proporção de machos púberes na faixa etária de 12-16 meses foi de 7,4 %; dos 16-20 meses foi 41,23 %; dos 20-24 foi 68 %; dos 24-28 foi 91,96 %.

Foi verificada uma alta correlação positiva entre PE e VOL ($r = 0,91$; $P < 0,001$). Estes resultados indicam que na raça guzerá o perímetro escrotal estima de forma eficiente o volume escrotal, podendo ser usado como uma medida segura para a seleção de jovens reprodutores (OSÓRIO et al. (2012).

Freneau et al. (2006) ao avaliar as características testiculares de 23 touros Nelores criados extensivamente no Brasil central, observaram que o aparecimento dos primeiros espermatozoides no ejaculado ocorreu aos $13,1 \pm 2,2$ meses de idade e 19,6 cm de perímetro escrotal, esta variabilidade de resultados entre rebanhos de animais avaliados e submetidos a diferentes tipos de regime de manejo mostra claramente a individualidade dos touros, a diferença entre grupamentos de animais com base genética diferente, a variação das condições climáticas especificamente: temperatura, umidade, fotoperíodo, e além disso, a

provável influência do manejo que cada grupo animal está sendo submetido (BRITO, 2006).

Segundo Osório et al. (2012), o aparecimento dos primeiros espermatozoides móveis após estímulo eletro ejaculatório ocorreu a partir da faixa etária dos 12 aos 16 meses de idade, sendo mais marcante a partir dos 12,7 meses de idade com 19,2 cm de perímetro escrotal, onde ocorre a eliminação dos primeiros espermatozoides, mais cedo ao ser comparado com outros estudos da mesma raça Guzerá avaliada e relatada por Torre e Henry (2005), Carmo (2008), Echeverry (2010) e Torres (2004), onde a puberdade ocorreu a partir dos 13,9 meses de idade com 20 cm de perímetro escrotal.

Tem-se observado variabilidade na determinação da idade na puberdade, dentro e entre os rebanhos, nas diferentes raças de zebuínos criados no Brasil. Para a raça Guzerá, segundo Garcia et al. (1987) a idade à puberdade foi 19,49 meses em animais submetidos ao manejo em pastagem. Também em condições de pastejo, porém, com baixa suplementação de ração comercial (2 Kg/cabeça/dia), durante o período da seca. Trocóniz et al. (1991) observaram 18,5 meses para idade na puberdade. Para a raça Nelore, Freneau et al. (2006) relataram em touros criados extensivamente no Brasil-Central idade à puberdade aos 14,8 meses de idade. Já Vale Filho et al. (1993) demonstraram que em touros da raça nelore, submetidos ao manejo extensivo, apresentaram a idade na puberdade aos 17 meses de idade. Na raça Brahman a idade na puberdade foi de 15,9 meses (CHASE 1997) e 17 meses (BASTIDAS-MENDOZA 1999).

Maior crescimento do comprimento testicular, largura testicular e o volume testicular observados por Brito (2006) e Rawlins (2008) foram significativamente maiores no período pós-puberal, o que pode estar relacionado ao desenvolvimento do eixo hipotálamo-hipófise-gônada, responsável pelo aumento na secreção de gonadotrofina (FSH e LH), associada ao aumento de testosterona no momento em que o animal atinge a puberdade. Com a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-testicular a um aumento no tamanho das células de Sertoli, aumento do diâmetro dos túbulos seminíferos associado à luminação dos mesmos (BRITO 2006; RAWLINS, 2008). Estas mudanças devem provocar um aumento na taxa de crescimento testicular no período da pós-puberdade que refletiu-se na maior taxa de crescimento da largura e comprimento testiculares e

consequentemente no volume testicular encontrado no grupo de machos Guzerá avaliados (OSÓRIO et al., 2012).

Com relação aos parâmetros da biometria testicular comprimento testicular, largura testicular e volume testicular, apresentam maiores velocidades de crescimento no período pós-puberal este aumento significativo poderia estar associado ao desenvolvimento ponderal do animal já que este acompanha o desenvolvimento sexual dos animais. Pode-se observar semelhança com os resultados de Unanian et al. (2000) e Forni e Albuquerque (2004), em que o perímetro escrotal possui altas correlações com as outras medidas biométricas testiculares, assim como o observado em relação ao volume testicular, sendo que as correlações deste estudo apresentaram seus maiores índices em animais com idade entre 24 e 36 meses (MACHADO et al., 2012).

Unanian et al. (2000) verificaram que o VT aos 12 e 18 meses de idade mostrou alta correlação com a PE, sendo ainda maiores as correlações da largura e do comprimento com o VT, tanto aos 12 como aos 18 meses de idade. Esta alta correlação observada entre PE e VT mostra a possibilidade de se avaliar e predizer o potencial reprodutivo, por ocasião da seleção de reprodutores, utilizando-se qualquer um destes parâmetros. Ainda segundo estes mesmos autores, é possível afirmar que a escolha de machos, em função destas características pode ser realizada aos 12 meses, concluindo assim que, além da PE, deve-se utilizar o VT na seleção de animais jovens.

No mesmo estudo Unanian et al. (200) relataram aos 18 meses valores médios do volume testicular de 239,26 cm³ sendo mais baixo do que os obtidos neste estudo (PE maior: 470,8 cm³ em 808,4 dias de idade e PE menor: 507,8 cm³ em 419,6 dias de idade) e por outros autores (ALENCAR & VIEIRA, 1989) de 107,8 cm³; BAILEY et al. (1998), de 260,00 cm³, encontrados em touros adultos sem raça definida e GODFREY et al. (1990), de 435,7 cm³, com animais da raça Brahman aos 19 meses de idade). Contudo, ressalta-se que a fórmula matemática usada para cálculo de VOL, dos estudos citados, foi diferente da descrita por BAILEY et al. (1998); porém, semelhante à de FIELDS et al. (1979).

Embora a ideia de realizar a seleção de touros mais cedo através do parâmetro do PE acelerar o ganho genético tenha sido bastante utilizada (SESANA et al. 2007), Barth e Ominski (2000) afirmaram que a medida do PE em touros com 8 meses de idade pode não ser uma ferramenta útil para

programas de Melhoramento Genético, devido aos touros que não possuem os requisitos para o tamanho PE em 240 dias sofrerem descarte, sendo que os mesmos podem chegar a esses requisitos aos 365 dias de idade. A semelhança do PE estimado entre touros do menor grupo PE e touros com PE variando de 28 a 32 cm em torno de 1.200 dias de idade é um achado importante, já que touros da raça Zebu, em ambientes tropicais, passam a ser utilizados para monta natural em estações de reprodução a 36 ± 40 meses de idade. No entanto, vale ressaltar que os touros com PE maior que 34 cm a 18 ± 21 meses de idade apresentaram os maiores valores de PE ao longo do período, já que PE está relacionado ao desempenho reprodutivo de machos e fêmeas (TOELLE & ROBINSON, 1985; SANTANA et al., 2012). Entretanto, é preciso ressaltar que a produção de sêmen também é devido à funcionalidade testicular e não somente quanto ao tamanho dos testículos.

7. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, tem-se que os touros com altos valores de PE aos 18-21 meses de idade mantêm altos valores de volume testicular ao longo de toda sua vida. O crescimento do volume testicular, aparentemente, atinge um patamar de estabilidade posterior ao do PE. As diferenças no crescimento do volume testicular e nas características espermáticas entre os grupos avaliados neste estudo, provavelmente, estão relacionadas a precocidade sexual dos touros.

Touros jovens com maior PE tendem a apresentar menor proporção de problemas espermáticos que touros com menor PE, enquanto na fase adulta as proporções desses defeitos não apresentaram diferenças significativas.

8. REFERÊNCIAS 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.

AHMAD, E.; AHMAD, N.; NASEER, Z.; ALEEM, M.; KHAN, M.S.; ASHIQ, M.; YOUNIS, M. Relationship of age to body weight, scrotal circumference, testicular ultrasonograms, and semen quality in Sahiwal bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, p.159–164, 2011.

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

ALENCAR, M.M., VIEIRA, R.C. 1989. Crescimento testicular de touros da raça Canchim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 24(11):1329-1333.

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, 1976.

ALUN-JONES, W. Abnormal morphology of the spermatozoa in Guemsey bulls. **British Veterinary Journal**, v. 118, p.257-261, 1962.

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

ARANGO, J. L. e VLECK, D.V. Size of beef cows: early ideas, new developments. **Genetics and Molecular Research**, v. 1, n.1, p.51-63, 2002.

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

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S. Testicular shape and its relations to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology**, v. 46, p.881-887, 1996.

BAME, J.H.; KARABINUS, D.S.; SAACKE, R.G.; PEARSON, R. E. Changes in sperm morphology and semen quality in postpubertal Holstein bulls. **Journal of Animal Science**, v. 66, p.391, 1988.

BARBOSA, P.F. Análise genético de características de crescimento e reprodutivas em fêmeas da raça Canchim. 1991. 237f. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1993.

BARTH, A.D.; WALDNER, C.L. Factors affecting breeding soundness classification of bulls examined at the Western College of Veterinary Medicine. **Canadian Veterinary Journal**, v. 43, p.274-284, 2002.

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.; OKO, R.J. Abnormal morphology of bovine spermatozoa. Ames: **Lowa State University Press**, v. 1, p. 285, 1989.

Bastidas-Mendoza S. Pubertad en novillas y toros Brahman. Revista de la Facultad de Agronomía de Universidad del Zulia, 16:690-707, 1999.

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 Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.1, p.69-78, 1996.

BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; FONSECA, C.G. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e

características espermáticas em touros Nelore. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.5, p.473-475, 1996. Suplemento 1.

BERGMANN, J.A.G. Indicadores de precocidade sexual em bovinos de corte. In: Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, Uberaba, MG. **Anais...** p.145-155, 1998.

BERGMANN, J.A.G. Seleção de zebuínos para precocidade sexual. In: I SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa, p.51-64, 1999.

BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; FONSECA, C.G. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e características espermáticas em touros Nelore. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.5, p.473-475, 1997.

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.

BHAKAT, M.; MOHANTY, T.K.; RAINA, V.S.; GUPTA, A.K.; KHAN, H.M.; MAHAPATRA, R.K.; SARKAR, M. Effect of age and season on semen quality parameters in Sahiwal bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.1161-1168, 2011.

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

BLOM, E. The ultrastructure of some characteristics sperm defects and a proposal for a new classification of Bull spermogram. *Nordic Veterinary Medicine*, v. 25, n. 7, p. 383-391, 1973.

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.

BOURDON R.M.; BRINKS, J.S. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: adjustment factors, heritabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. **Journal of Animal Science**, v. 62, p.958-967, 1986.

BRITO, F.V. Influência da idade e peso corporal sobre o perímetro escrotal em touros Hereford. Estimativas de fatores de correção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.130-132, 1997.

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. Nutrition, metabolic hormones, and sexual development in bulls. **University of Saskatchewan**, Saskatoon, 179p. (Tese de Doutorado) 2006.

BRINKS, J.S. Genetics of fertility in bulls. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY THERIOGENOLOGY. Austin, 1987. **Proceedings...**Hasting, Society for Theriogenology, p.56-63, 1987.

BRINKS, J.S.; FIELDS, M.J.; SANDS, R.S. Relationship of scrotal circumference to puberty and subsequent reproductive performance in male and female offspring. Factors affecting calf crop. Boca Raton: CRC Press, p.363-370, 1994.

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

BROWNING, JR.R.; WARRINGTON, B.G.; HOLLOWAY, J.W.; RANDEL, R.D. Testicular size at weaning in tropically-adapted beef bulls as influenced by breed of sire and dam. **Theriogenology**, v. 48, p.257-265, 1997.

CALDAS, M.E, PINHO, T.G, PINTO, P.A, NOGUEIRA LAG. Avaliação da biometria e morfologia testicular de touros jovens da raça Nelore (*Bos Taurus indicus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.23, p.210-212, 1999.

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.

CARMO, A.S, Osório, J.P, GOMES, R.S. Parâmetros do desenvolvimento de machos Guzerá criados na região do cerrado a pasto com suplementação volumosa na seca. In: **Congresso Brasileiro de Reprodução Animal**; Curitiba, Brasil; 2007.

CARREIRA, J.T.; TREVISAN, J.T.; CARVALHO, I.R.; KIPPER, B.; RODRIGUES, L.H.; SILVA C.; PERRI, S.H.V.; DREVET, J.R. KOIVISTO, M.B. Does sperm quality and DNA integrity differ in cryopreserved semen samples from young, adult, and aged Nelore bulls? **Basic and Clinical Andrology**, 2017.

CASTRO, V. M., VALE FILHO, V. R., REIS, S. R. Puberdade e início de maturação sexual em touros Nelore, de dez a quatorze meses de idade. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.1, p.183, 1989.

CELEGHINI, E.C.C.; ANDRADE, A.F.C.; NASCIMENTO, J.; RAPHAEL, C.F.; BIANCONI, L.L.; RODRIGUES, P.H.M.; ARRUDA, R.P. Efeitos da criopreservação e do diluidor sobre o sêmen bovino quanto às membranas plasmática, acrossomal e função mitocondrial. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, 2005, Angra dos Reis. **Acta Scientiae Veterinariae**. v.33 (supl.1), p. 327-327, 2005a.

CBRA, 2013. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal [Manual for andrological exam and animal semen evaluation], third ed. CBRA (Colégio Brasileiro de Reprodução Animal), Belo Horizonte.

CHACUR, M.G.M.; ARAÚJO, M.C.; KRONKA, S. Características seminais, corpóreas e anatômicas do aparelho reprodutor de reprodutores da raça Canchim aos 14 e 48 meses de idade. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.9, p.21-27, 2006.

CHACUR, M. G. M.et al. Influência das épocas do ano na morfometria testicular e epididimária, características do sêmen e proteínas do sêmen em SDS-PAGE em zebus e taurinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 42, p. 1-7, 2014.

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.

CHANDLER, J.E.; ADKINSON, R.W.; HAY, G.M.; CRAIN, R.L. Environmental and genetic sources of variation for seminal quality in mature Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.1270-1279, 1985.

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.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. Belo Horizonte: CBRA, 2013. 29p.

CYRILLO, J.N.S.G. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.56-65, 2001.

DERAGON, L.A.; LEDIC, I.L. Avaliação de circunferência escrotal em touros Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 14, n. 4, p. 227- 233, 1990.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; FRIDRICH, A.B.; SALVADOR, D.F.; VALE FILHO, V.R.; CORRÊA, A.B.; SILVA, M.A. Estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore, de dois e três anos de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 388-393, 2006.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.M.; EMERICK, L.L.; VALE FILHO, V.R.. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 43, 53–59. 2008.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimativas de FRENEAU, 1991. Herdabilidade para Perímetro Escrotal de Animais da Raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32 (supl. 2), p.1878-1882, 2003.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; FRIDRICH, A.B.; SALVADOR, D.F.; VALE FILHO, V.R.; CORRÊA, A.B.; SILVA, M.R. Estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore, de dois e três anos de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.388-393, 2006.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.M. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.53-59, 2008.

DODE, M.A.N.; SCHENK, J.A.P.; SILVA, A.E.D.F. Determinação da puberdade em machos Nelore e mestiços. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.?? n.1, p.185, 1989.

DUCROCQ, V.; HUMBLLOT, P. Genetic characteristics and evolution of semen production of young Normande bulls. **Livestock Production Science**, v.41, p.1-10, 1995.

DUPLESSIS, M.; CUE, R.I.; SANTOSCHI, 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.

ECHEVERRY LOAIZA, A.M. Uso de modelos não-lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal em touros da raça guzerá criados em pastoreio

extensivo. **Dissertação** - Mestrado. Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte, Brasil; 2010.

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Parâmetros genéticos de peso de bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília, **Anais...** Brasília:SBZ, 1996, p.709-710.

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.

ENCISO, M.; CISALE, H.; JOHNSTON, S.D; SARASA, J.; FERNÁNDEZ, J.L.; GONZÁLEZ, J. Major morphological abnormalities in the Bull are relates to sperm DNA damage. **Theriogenology**, v.26, p.23-32, 2011.

EVANS, A.C.; DAVIES, F.J.; NASSER, L.F. Differences in easily patterns of gonadotrophin secretion between early and late maturing bulls, and changes in semen characteristics at puberty. **Theriogenology**, v.43, p.569- 578, 1995.

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.

FERNANDES JUNIOR, J.P., FRANCESCHINI, P.H. Maturidade sexual e Biometria testicular de touros jovens Compostos Montana Tropical criados a pasto. **Arquivo de Veterinária**. V. 23, n. 1, p.59-66, 2007.

FERRAZ, H. T., OLIVEIRA VIU, M. A., OLIVEIRA FILHO, B. D., LOPES, D. T., VIU, A. F. M. & GAMBARINI, M. L. Histometria e forma testiculares associadas à qualidade seminal em machos Nelore (*Bos taurus indicus*) criados extensivamente no sudoeste de Goiás. **Archives of Veterinary Science**, v.19, p. 37-80, 2014.

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

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

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

FONSECA, V.O.; CRUDELLI, G.A; COSTA E SILVA, E.V. et al. Aptidão reprodutiva de touros da raça Nelore. Efeito das diferentes estações do ano sobre as características seminais, circunferência escrotal e fertilidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.44, n.1, p.7-15, 1992.

FONSECA V.O.; SANTOS, N.R.; MALINSK, P.R. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e morfologia do sêmen. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.21, p.36-39, 1997.

FONSECA, V.O.; FRANCO, C.S.; BERGMANN, J.A.G. Potencial reprodutivo e econômico de touros Nelore acasalados coletivamente na proporção de um touro para 80 vacas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.77-82, 2000.

FONSECA, V.O. Perímetro escrotal, um indicador de fertilidade muito mais abrangente. **Revista Nelore**, p. 14- 17, 2001.

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

FORMIGONI, I. B. Estimação de valores econômicos para características componentes de índices de seleção em bovinos de corte. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia área de concentração Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2002.

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.

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

FRENEAU, G.E.; VALE FILHO, V.R.; MARQUES JR., A.P., W.S. MARIA, W.S. Puberdade em touros Nelore criados em pasto no Brasil: características corporais, testiculares e seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p.1107-1115, 2006.

FRIZZAS, O.G. Curva de desenvolvimento e parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal e perímetro escrotal de bovinos da raça Nelore. 2006. 59f. **Dissertação** (Mestrado em Melhoramento Genético Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

GARCIA, J.M.; PINHEIRO, L.E.L.; OKUDA, H.T. Body development and semen physical characteristics of young Guzerá bulls. **Archives Veterinary**, v.3, p.47-53, 1987.

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.

GIANLORENÇO, V.K. Herdabilidades e correlações genéticas de características de machos e fêmeas, em um rebanho bovino da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 6, p.1587-1593, 2003.

GIPSON, T.A.; VOGT, D.W.; MASSEY, J.W. et al. Associations of scrotal circumference with semen traits in young beef bulls. **Theriogenology**, v.24, n.2, p.217-225, 1985.

GOERK, T.P.; THRIFT, F.A.; DUTT, R.H. Heritability of semen traits and their relation to fertility in Southdown sheep. **Journal of Animal Science**, v. 31, 445-450, 1970.

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.

GODFREY, R.W.; DODSON, R.E. Breeding soundness evaluations of Senepol Bulls in the US Virgin Islands. **Theriogenology**, v.63, p.831-840, 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.

GONÇALVES JÚNIOR, F.J. 2008. Avaliação andrológica de reprodutores zebuínos na Paraíba. Trabalho de Conclusão de curso em Medicina Veterinária, 2008. 30p. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-Patos, 2008.

GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G.; GARCIA, D.A.; FARAH, M.M.; MEIRA, C.T.; CRUZ, V.A.R.. Avaliação genética para peso corporal em um rebanho Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.594-598, 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.

GUIMARÃES, J.D. Puberdade e maturidade sexual em touros da raça Gir criados em condições semi-extensivas. Belo Horizonte, MG: UFMG – Escola de Veterinária, 1993. 85p. **Dissertação** (Mestrado em Veterinária) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.

GUIMARÃES, J.D. Maximização do uso de touros a campo. In: I SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa, p.279-296, 1999.

GUIMARÃES, J.D.; ALVES, N.G.; COSTA, E.P.; SILVA, M.R.; COSTA, F.M.J.; ZAMPERLINI, B. Eficiências reprodutiva e produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.641-647, 2002.

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.

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.

HIRATA, S.L. et al. Curva de crescimento testicular de touros da raça Canchim. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, **Anais...** Botucatu, SBZ, 1998, p. 347-349.

HUHTANIEMI, I; TOPPARI, J. Endocrine, paracrine and autocrine regulation of testicular steroidogenesis. **Advance in Experimentl Medicine and Biology**, v. 377, p. 33-54, 1995.

JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, E. S. E. Bovinos e Bubalinos. In: HAFEZ, E. S. E. Reprodução Animal. São Paulo: Manole Ltda, p. 319-334, 1995.

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.

KASTELIC, J. P., COOK, R. B. e COULTER, G. H. (1997). Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambiente temperatures. **Animal Reproduction Science**, 45, 255-261.

KASTELIC, J.P. Effect of age and genetic group on characteristics of the scrotum, testes and testicular vascular cones, and on sperm production and semen quality in AI bulls in Brazil. **Theriogenology**, v. 58, p.1175-1186, 2001.

KEALEY, C.G.; MACNEIL, M.D.; TESS, M.W.; GEARY, T.W.; BELLOWS, R.A. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford. **Journal of Animal Science**, v. 84, p.283-290, 2006.

KOIVISTO, M.B.; PAVÃO, D.L.; Piccolomini, M.M.; ALVES, M.F.; SOUZA, A.H.; CARREIRA, J.T.; D ANGELO, M. Effects of espermatozoa containing abaxial tail attachment durig in vitro embryo production (IVP) – premlinary results. In: 8th International Ruminant Reproduction. **Reproduction in Domsetic Ruminants VII**, v. 7, p. 503-503, 2010.

LATIMER, F.G.; WILSON, L.L.; CAIN, M. F. et al. Scrotal measurements in beef bulls: heritability estimates, breed and test station effects. *Journal of Animal Science*, v.54, n.3, p.475-479, 1982.

LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORAL, F.L.B.; OSORIO, J.P.; CARMO, A.S.; MENDONÇA, 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.

LOPES, F.G.; KOETZ JUNIOR, C.; BARCA JÚNIOR, F.A. et al. Maturidade sexual e classificação andrológica por pontos (CAP) em touros jovens da raça Nelore puros de origem (PO). **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.168- 173, 2013.

LUNSTRA, D.D.; ECHTERNKAMP, S.A. Puberty in beef bulls: acrosome morphology and semen quality in bulls of different breeds. **Journal Animal Science**, v.55, p.638-648, 1982.

LUNSTRA, D.D.; GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V. Heritability estimates and adjustments factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in different breeds of bulls. **Theriogenology**, v. 30, p.127-136, 1988.

LUNSTRA, D.D.; FORD, J.J.; ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of diferente breeds. **Journal of Animal Science**, v.46, p.1054 - 1066, 1978.

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.

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

MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S.; TEODORO, R.L.; PAULA, L.R.O.; CRUZ, M.; CAMPOS, J.P.; RODRIGUES, L.H.; OLIVEIRA, J.; VIEIRA, F.; BRUSCHI, J.H.;

- DURÃES, M.C. Correlações entre características da qualidade do sêmen e a circunferência escrotal de reprodutores da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.700-706, 2000.
- MATHEVON, M.; DEKKERS, J.C.M.; BUHR, M.M. Environmental, management and genetic factors affecting semen production in French Montbéliard bulls. **Livestock Production Science**, v. 55, p. 65-77, 1998.
- MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J.A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum**. v. 24, p.1761-1770, 2002.
- MENKVELD, R.; HOLLEBOOM, C.A.G.; RHEMREV, J.P.T Measurement and significance of sperm morphology. **Asian Journal of Andrology**, v. 13, p.59-68, 2011.
- MEYER, K. Estimates of covariances between reproduction and growth in australian beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 9, p.3533-3543 1991.
- MORAES, G.P. Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semiextensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG. 2012. 56p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2012.
- McCOSKER, T.H. et al. Brahman bull fertility in North Australian rangeland herd. **Animal Breeding Abstracts**, v. 58, n. 1, p. 30, 1990.
- NELSEN, T.C. Heritabilities and genetic correlations of growth and reproductive measurements in Hereford bulls. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 2, p.409-417, 1986.
- 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.
- NIETO L.M.; SILVA, L.O.C.; GONDO, A. Análise da curva de crescimento do perímetro escrotal de touros Canchim em diferentes sistemas de criação [Canchim bulls' scrotal circumference growth curve analysis in different breeding systems]. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v.9, p.99-103, 2006.
- NIKOLETTOS, N.; KUPKER, W.; DEMIREL, C.; SCHOOPER, B.; BLASIG, G.; STURM, R.; FELBERBAUM, R.; BAUER, O.; DIEDRICK, K.; AL-HASANI, S. Fertilization potential of spermatozoa with abnormal morphology. **Human Reproduction**, v. 14, p.47-70, 1999.
- OLIVEIRA, H.N. Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP,73p. (**Tese de Doutorado**) 1995.
- OSÓRIO, 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 Medicina Veterinária**, v. 24, p.9-24, 2012.

PASTORE, A.A.; TONIOLLO, G.H.; LÔBO, R.B.; et al. Características biométricas, testiculares, seminais e parâmetros genéticos de touros pertencentes ao programa de melhoramento genético da raça Nelore. **Ars Veterinária**, v. 24, n. 2, p. 134-141, 2008.

PEET, R.L.; KLUCK, P.; MCCARTH, M. Infertility in Murray Gray bulls associated with abaxial and swollen midpiece sperm defects. **Australian Veterinary Journal**, v. 65, p.359-360, 1998.

PELLETIER, J.; CARREZ-CAMOUS, S.; THIERY, J.C. Basic neuroendocrine events before puberty in cattle, sheep and pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 30, p.91-102, 1982.

PENITENTE-FILHO, J.M.; SILVA, F.F.; GUIMARAES, S.F.; WADDINGTON B. F.; COSTA, E.P.; LEÓN, V.G.; SIQUEIRA, G.B.; OKANO, D.; MAITAN, P.; GUIMARAES, J.D. Relationship of testicular biometry with semen variables in breeding soundness evaluation of Nelore bulls. **Animal Reproduction Science**, v.196 , p. 168-175, 2018a.

PENITENTE-FILHO, J.M.; VILLADIEGO, F.A.C.; SILVA, F.F.; CAMILO, B.S.; LEON, V.G; PEIXOTO, T.; DIAZ, E.; OKANO, D.; MAITAN, P.; LIMA, D.; GUIMARAES, S.F.; SIQUEIRA, J.B.; PINHO, R.; GUIMARAES, J.D. Can scrotal circumference-based selection discard bulls with good productive and reproductive potential? **Plos One**, v.13, p. 1-14, 2018b.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p.703-708, 2002.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1676-1683, 2000.

PESCH, S.; BERGMAN, M. Structure of mammalian spermatozoa in respect to viability, fertility and cryopreservation. **Micron**, v. 37, p. 597-612, 2006.

PINHO, T.G.; NOGUEIRA, L.A.G.; PINTO, P.; ZAMBORLINI, L.; GILARDI, S.; CALDAS, M.; SOUZA, R.M. Características seminais de touros jovens Nelore (*Bos taurus indicus*) de acordo com a biometria e morfologia testicular. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.26, p.64-67, 2001.

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: uma aplicación em 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 cattle. **Theriogenology**, v.52, p.25-34, 1999.

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.; 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.

RAWLINS, N.; EVANS, A.C.O.; CHANDOLIA, R.K. et al. Sexual maturation in the bull. **Reproduction of Domestic Animals**. 2008;43 (suppl 2):295-301.

REGE, J.E.O.; TOE, F.; MUKASA-MUGERWA, E.; TEMBELY, S.; ANINDO, D.; BAKER, R.L.; LAHLOU-KASSI, A. Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in ram lambs. **Small Ruminant Research**, v. 37, p.173-187, 2000.

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.

ROCHETTI RL, ELER JP, CINTRA DC, MATTOS EC, FERRAZ JBS, BALIEIRO JCC. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais**. . . Jaboticabal: FCAV/UNESP-SBZ, 2007. 3p. Abstract.

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.

SALLES, P.A. Critérios de seleção para características de crescimento em machos da raça nelore. 1995. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Ribeirão Preto-SP, USP, 1995.

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.

SARREIRO, L.C.; BERGMANN, 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.

SCHLOTE, W.; MUNKS, J. Population parameters of semen characteristics and non return rates of test bulls. In: Jahrestagung der Europtischen vereinsung fiir Tierzucht, 31., 1980, Miinchen. **Anais**... Miinchen: Deutsche Gesellschaft fur Ziietungskunde/AGSA, p.408 1980

SESANA, R.C. Estimativas de parâmetros genéticos para perímetro e volume escrotal, medidos em diferentes idades em animais da raça Nelore. 2005.40 f. **Monografia** (Trabalho de graduação em Zootecnia) – Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SESANA, R.C.; ALBUQUERQUE, L.G.; SILVA, J.A.V.; SESANA, J.C. Estimativas de herdabilidade e correlação genética do perímetro escrotal, medido em diferentes idades, em animais Nelore. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/UNESP-SBZ 2007. 3p. Resumo.

SIQUEIRA, J.B. et al. testicular shape and andrological aspects of Young NELLORE bulls under extensive farming. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 612-617, 2012.

SILVA, A.E.D.F.; OODE, M.A.N.; UNANIAN, M.M. The establishment of puberty in Zebu bulls of the Nelore breed raised in Central Brazil. In: WORLD CONGRESS ON SHEEP AND BEEF CATTLE BREEDING. 3., Paris, 1988. **Proceedings...** Paris, INRA., v.2. p.713-6, 1988.

SILVA, A.E.D.F.; DODE, M.A.; PORTO, J.A. Estacionalidade na atividade sexual de machos Nelore e mestiços Fleckvieh e Chianina x Nelore: características biométricas testiculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.745-1750, 1991.

SILVA, A. E. DODË, M.A.; UNANIAM, M.M. Avaliação da capacidade reprodutiva do touro. IN: Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidades e fatores que influenciam. Campo Grande: **EMBRAPA-CNPGC**. p. 128,1993.

SILVA, A.M. Parâmetros genéticos para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1998. 89p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1998.

SILVA, A.M. et al. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2223- 2230, 2000.

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

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T. 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, 2002.

SILVEIRA, T.S. Estádio de maturidade sexual e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas e ponderais, em touros da raça nelore. 2004. 137f. **Dissertação** (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SILVEIRA, J.C.; McMANUS, C.M.; MASCIOLI, A.S. et al. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SILVEIRA, T.S.; SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, S.E.F. et al. Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.503-511, 2010.

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.

SMITH B.A.; BRINKS J.G.; RICHARDSON, G.V. Estimation of genetic parameters among breeding soundness examination components and growth traits in yearling bulls. **Journal of Animal Science**, v. 67, p.2892-2896, 1989.

SODERQUIST, L.; JANSON, L.; HAARD, M.; EINARSSON, S. Influence of season, age, breed and some others factor on the variation in sperm morphological abnormalities in Swedish dairy AI bulls. **Animal Reproduction Science**, v. 44, p. 91-98, 1996.

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

STALHMMAR, E.M.; JANSON, L; PHILIPSSON, J. Genetic studies on fertility in AI bulls. I. Age, season and genetic effects on semen characteristics in young bulls. **Animal Reproduction Science**, v. 19, p. 1-17, 1989.

TASDEMIR, I.; TASDEMIR, M.; TAVUKCUOGLU, S; KAHRAMAN, S.; BIBEROGLU, K. Effect of abnormal sperm head morphology on the outcome of intracytoplasmic sperm injection in humans. **Human Reproduction**, v. 12, p.1214-1217, 1997.

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.

TERAWAKI, Y.; SUEDA, E.; MATUZAKI, S. Relationships between testicular growth and body measurements in Holstein bulls. **Animal Science Technology**. v.65, p. 1044-1050, 1994.

TOELLE, V.D.; ROBINSON, O.W. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 60, p. 89-100, 1985.

THOMPSON, J.A.; JOHNSON, W.H. Scrotal size of yearling sires and early calving in beef herds – epidemiologic investigation of possible sexual pathways. **Theriogenology**, v.43, p.1279-1287, 1995.

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.

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

THUNDATHIL, J.; PALASZ, A.T.; MAPLETOFT, R.J.; BARTH, A.D. An investigation of the fertilizing characteristics of pyriform-shape bovine spermatozoa. **Animal Reproduction Science**, v. 57, p.35-50, 1999.

THUNDATHIL, J.; MEYER, R.; PALASZ, A.T.; BARTH, A.D.; MAPLETOFT, R.J. Effect of the knobbed acrosome defect in bovine sperm in IVF and embryo production. **Theriogenology**, v. 54, p.921-934, 2000.

THUNDATHIL, J.C.; Dance, A.L.; RAHAMANICHKAM, G.D.; KASTELIC, J.P. Evaluation of bovine sperm morphology. **24th Technical conference on Artificial Insemination e Reproduction**, p. 86-93, 2012.

TORRES JÚNIOR, J.R.; HENRY, M. Se-xual development of Guzerat (*Bos Taurus indicus*) bulls raised in a tropical region. **Animal Reproduction**, v.2, p. 114-121, 2005.

TORRES JÚNIOR, J.R. Desenvolvimento ponderal e sexual de machos da raça Guzerá (*Bos taurus indicus*). 2004. 44f. **Dissertação** (Mestrado) – escola de veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

TROCÓNIZ, J.; BELTRAN, F.; BASTIDAS, J.; LARREAL, H. Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nellore bulls. **Theriogenology**. V.35, p.815-24, 1991.

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.

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

VALE FILHO, V.R. Padrões do sêmen bovino para o Brasil: Análise e sugestões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBRA, p.94-118, 1989.

VALE FILHO, V.R.; FONSECA, V.O.; FRENEAU, G.E., Desenvolvimento testicular e maturação sexual em bovinos. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, v.8, p.71-86, 1993.

VALE FILHO, V.R.; QUIRINO, C.R.; ANDRADE, V.J.; REIS, S.R.; MENDONÇA, R. Parâmetros genéticos da classificação andrológica por pontos (CAP), em touros da raça Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 23, p.253-255, 1999.

VALE FILHO, V.R. Subfertilidade em touros: parâmetros para avaliação andrológica e conceituação geral. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, N.35, p.81-87, 2001.

VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; QUIRINO, C.R. et al. Perfil andrológico de touros da raça Tabapuã (*Bos taurus indicus*) de um a dois anos de idade, criados extensivamente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 14., 2001. Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: CBRA, 2001.

VALE-FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; SALVADOR, D.F. et al. Prevalência de tourinhos da raça Tabapuã precoces e superprecoces (um e dois anos de idade), com base no perfil andrológico, submetidos a dois manejos nutricionais, na região de Nanuque, MG. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.27, p.178-79, 2003.

VAN DEMARK, N.L.; NAUGER, R.E. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. I Growth, reproductive organs and puberty. **Journal Dairy Science**, v.47, p.798-802, 1964.

VASCONCELLOS, P. M. B. **Guia prático para o fazendeiro**. São Paulo: Nobel, 1983.

VIEIRA, R.C.; ALENCAR, M.M.; ESTEVES, S.N. Efeito da suplementação alimentar sobre o comportamento reprodutivo de tourinhos Canchim. I. Características puberais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.1, p.97-102, 1988.

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

WENKOFF, M.S. The evaluation of bulls for breeding soundness. 2. ed. Toronto: **Canadian Veterinary Medical Association**, 1989. 47p.

WILLET, E.L.; OHMS, J.I. Measurements of testicular size and its relationship to production of spermatozoa by bulls. **Journal of Dairy Science**, v. 40, p.1559-1569, 1957.

WILLHAM., R. L. Purebreeding: achieving objectives. In: **Breeding for Beef, Peebles, Proceedings...**, v. 1, p. 15-21, 1971.

WINTER, J.; PENNINGTON, D.; GILBERT, J.; RYCROFT, H. Young sire management (Transport to the stud through initial sampling).11th Procedures of Technique Congress. **A.I. Reproduction, National Association of Animal Breeders**, Columbia, MO, p.44-55, 1986.

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

YOKOO, M.J.I. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p.1761-1768, 2007.