

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 07/09/2026.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**CAMPUS DE JABOTICABAL**

EFEITOS DE DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTE  
TROPICAL NAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS  
TESTICULARES DE TOUROS JOVENS NELORE E CANCHIM

**Joedson Dantas Gonçalves**

Médico Veterinário, MSc.

**2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DE DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTE  
TROPICAL NAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS  
TESTICULARES DE TOUROS JOVENS NELORE E CANCHIM**

**Discente: MSc. Joedson Dantas Gonçalves**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Emilia Franco Oliveira**

**Coorientador: Prof Dr Alexandre Rossetto Garcia**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências Veterinárias, Área: Reprodução Animal.

G635e      Gonçalves, Joedson Dantas  
Efeitos de diferentes condições microclimáticas em ambiente tropical nas características ultrassonográficas testiculares de touros jovens Nelore e Canchim / Joedson Dantas Gonçalves. -- Jaboticabal, 2025  
113 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientadora: Maria Emilia Franco Oliveira  
Coorientador: Alexandre Rossetto Garcia

1. Andrologia animal. 2. Sistemas de produção. 3. Microclima. 4. Hemodinâmica testicular. 5. Puberdade. I. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


TÍTULO DA TESE: EFEITOS DE DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTE TROPICAL NAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS TESTICULARES DE TOUROS JOVENS NELORE E CANCHIM

**AUTOR: JOEDSON DANTAS GONÇALVES**


**ORIENTADORA: MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA**

**COORIENTADOR: ALEXANDRE ROSSETTO GARCIA**


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Veterinárias, área: Morfofisiologia e Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA**  
Data: 11/03/2025 08:46:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA (Participação Virtual)  
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA ISABEL MELLO MARTINS**  
Data: 03/04/2025 15:02:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MARIA ISABEL MELLO MARTINS (Participação Virtual)  
Departamento de Reprodução Animal / Universidade Estadual de Londrina (UEL) - Londrina/PR

Documento assinado digitalmente  
 **FABIO MORATO MONTEIRO**  
Data: 03/04/2025 15:27:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. FABIO MORATO MONTEIRO (Participação Virtual)  
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

Documento assinado digitalmente  
 **RODRIGO FREITAS BITTENCOURT**  
Data: 24/03/2025 10:44:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. RODRIGO FREITAS BITTENCOURT (Participação Virtual)  
Departamento de Reprodução Animal / Escola de Medicina Veterinária (UFBA) - Salvador/BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MAIRA BIANCHI RODRIGUES ALVES  
Data: 03/04/2025 19:07:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MAÍRA BIANCHI RODRIGUES ALVES (Participação Virtual)  
Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 07 de março de 2025

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**JOEDSON DANTAS GONÇALVES** – nascido em Filadélfia – BA, aos 16 dias do mês de janeiro de 1996. Concluiu em 2014 o curso de técnico agrícola com habilitação em agropecuária pelo Instituto Federal Baiano - IFBAIANO, campus Senhor do Bonfim, Senhor do Bonfim – BA. Graduou-se em Medicina Veterinária em 2020, na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, campus Ciências Agrárias, Petrolina - PE. Cursou Pós-graduação em Medicina Veterinária, nível de Mestrado e área de concentração de Reprodução Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Câmpus de Jaboticabal-SP, de março de 2020 a fevereiro de 2022, sob orientação da Profa. Dra. Maria Emilia Franco Oliveira e coorientação do Prof. Dr. Ricardo Perecin Nociti, como bolsista CAPES. Ingressou no curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, nível de Doutorado e área de concentração de Reprodução Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Câmpus de Jaboticabal-SP, em março de 2022, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Emilia Franco Oliveira e coorientação do Prof. Dr. Alexandre Rossetto Garcia, como bolsista CAPES.

“O importante não é ser o primeiro ou primeira, o importante é abrir caminhos”

Conceição Evaristo

Dedico esse trabalho aos meus avós, Dolores  
Gomes Costa e Joel Máximo Gonçalves.  
Amo vocês!

## **Agradecimentos**

Agradeço à Deus por não largar minha mão e ser caminho nos momentos mais trevosos e turbulentos.

À minha mãe Dolores, por não medir esforços para a realização dos meus sonhos e por nunca me desamparar nos dias de dificuldade. Ao meu avô Joel, por todo apoio e incentivo. Essa conquista é nossa!

À minha tia Cléia e ao meu tio Quebinho, pelo amor e torcida em qualquer jornada que eu escolhesse. Aos meus primos Felipe, Emilly e Isabella pelas ligações e conversas em momentos que eu mais precisava.

Ao meu pai Josean e minha mãe Luciene, agradeço o apoio e torcida durante minha caminhada. Aos meus irmãos Adilla, Júnior, Lauane, Gabriel e Vitória, agradeço o amor e carinho. Eu divido essa conquista com vocês! À minha madrasta Suely e ao meu tio Luciano, obrigado por todo suporte e incentivo durante todos esses anos.

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Maria Emilia, por ter me abraçado no mestrado e doutorado. Sou extremante honrado em dividir essa trajetória com a senhora. Agradeço por toda orientação e ensinamentos.

Ao meu coorientador Prof. Alexandre Garcia, pela dedicação, paciência e por acreditar em mim no desenvolvimento desse trabalho. O senhor é uma das minhas inspirações. Ao Prof. Rubens Arruda, pela confiança e apoio no desenvolvimento desse trabalho. Possuo grande admiração.

Ao Léo, por dividir essa etapa da vida comigo, agradeço por todo carinho, paciência e companheirismo. Sem você eu não teria conseguido. Aos meus amigos, Éder, Vitor e Priscila, Gabriel e Luiz. Obrigado pelas risadas, rolês, conversas e por me fazer rir em momentos que eu precisava. Amo vocês!

Aos meus companheiros científicos. Giovanna, Lívia, Gabriela, Juliana e Vinicius. Agradeço o companheirismo e pelas boas risadas durante as coletas. Vocês foram essenciais para que essa jornada fosse menos árdua possível.

Aos amigos que fiz na República ADP. Guerra, Breno, Flor, Nico, Marlin, Estevão, Ana Júlia, Luana, Letícia, Jake, Caio e Rafael. Agradeço por me abrigarem em São Carlos

durante a realização do experimento e pelas boas risadas proporcionadas nas nossas conversas. Vocês foram alegria nos momentos que eu chegava cansado das coletas.

Agradeço a Embrapa Pecuária Sudeste, por ceder os animais, equipamentos e laboratório para a condução deste estudo. Aos funcionários, em especial a Verônica e campeiros (Henrique, Mineiro, Adão e Tiago), sem vocês esse estudo não poderia ser conduzido.

Ao programa de pós-graduação em Ciências Veterinárias da FCAV/Unesp, a Capes pela bolsa concedida (Código de Financiamento 001), a FAPESP (Processo 2021/04335-3, Processo 2019/04528-6), CNPq (Processo 404513/2021-2, Processo 312295/2022-7) e INCT Reprodução Animal (Processo 406866/2022-8) pelo apoio financeiro para a execução deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS .....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Sistemas sustentáveis na criação de bovinos de corte .....	5
2.2. Fisiologia testicular de touros.....	6
2.3. Efeitos de estresse térmico no processo de termorregulação testicular.....	9
2.4. Puberdade em touros .....	10
2.5. Ultrassonografia como diagnóstico para possíveis alterações testiculares.....	11
2.6. Ultrassonografia como técnica de possível identificação de marcadores de puberdade.....	13
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>15</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
4.1. Objetivos gerais .....	15
4.2. Objetivos específicos.....	16
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 2 – Ultrasonographic evaluation of testicular and pampiniform plexus characteristics in young bulls under different microclimatic conditions in a tropical environment .....</b>	<b>27</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>28</b>
<b>2. MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>29</b>
2.1. Ethics .....	29
2.2. Location .....	30
2.3. Production systems.....	30
2.4. Animals.....	31
2.5. Testicular biometry, consistency, volume, and body weight .....	33
2.6. Ultrasonographic assessments .....	33
2.6.1. Echogenicity and heterogeneity of the testicular parenchyma and mediastinum.....	33
2.6.2. Width of the mediastinum and vessels of the pampiniform plexus.....	35
2.6.3. Blood perfusion of the testicular parenchyma and pampiniform plexus.....	35
2.6.4. Hemodynamics of the supratesticular artery .....	36

2.7. Serum testosterone concentrations .....	37
2.8. Variables and statistical analysis.....	37
<b>3. RESULTS .....</b>	<b>38</b>
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>47</b>
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>51</b>
<b>6. REFERENCES .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 3 – Testicular ultrasound as a tool for puberal assessment in young Nelore and Canchim bulls.....</b>	<b>58</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>59</b>
<b>2. MATERIAL AND METHODS.....</b>	<b>60</b>
2.1. Ethics and Location .....	60
2.2. Animals.....	61
2.3. Biometric variables and testicular consistency.....	62
2.4. B-mode, color Doppler and spectral Doppler assessments .....	63
2.5. Assessment of the width of the testicular mediastinum and vessels of the pampiniform plexus.....	65
2.6. Echogenicity and heterogeneity of the testicular parenchyma and mediastinum..	66
2.7. Blood perfusion of the testicular parenchyma and pampiniform plexus.....	66
2.8. Hemodynamics of the supratesticular artery .....	67
2.9. Serum testosterone.....	67
2.10. Variables and statistical analysis.....	68
<b>3. RESULTS .....</b>	<b>69</b>
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>80</b>
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>83</b>
<b>6. REFERENCES .....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 4 – Considerações finais .....</b>	<b>90</b>
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>91</b>
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>96</b>

# CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



## CERTIFICADO CEUA PRT Nº 02/2023

Certificamos que o projeto de Pesquisa intitulado: "Efeitos do Sistema de Integração Lavoura-PecuáriaFloresta (iLPF) nas características reprodutivas e puberdade de tourinhos das raças Nelore e Canchim", registrado com o número 20.22.00.137.00.00, sob responsabilidade do pesquisador científico Dr. Alexandre Rossetto Garcia, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009 e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Pecuária Sudeste.

*(We hereby declare that the research project titled "Effects of the Crop-Livestock-Forest Integration System (ICLF) on the reproductive characteristics and puberty of Nelore and Canchim" has been registered under the responsibility of Dr. Alexandre Rossetto Garcia (number 20.22.00.137.00.00) involving production, management or utilization of animals from phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except humans). The described experimental protocol is in accordance to the Brazilian Federal Law on Animal Experimentation (#11.794, enacted on 8th October 2008), to the Decree 6.899 (enacted on 15th July 2009) and the corresponding rules of National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and it was approved by the Committee of Animal Experimentation of Embrapa Southeast Livestock.)*

São Carlos, 24 de Abril de 2023.

**Dra Simone Cristina Méo Niciura**  
Vice-Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Embrapa Pecuária Sudeste

Finalidade	Pesquisa Científica
Vigência da Autorização	01/02/2023 a 31/01/2025
Espécie / Linhagem / Raça	Bovino / Bos indicus / Nelore Bovino / Bos taurus x Bos indicus / Canchim
Número de Animais	90
Peso / Idade	230 kg / 7-8 meses
Sexo	Macho
Origem	Embrapa Pecuária Sudeste

## EFEITOS DE DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTE TROPICAL NAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS TESTICULARES DE TOUROS JOVENS NELORE E CANCHIM

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar as características ultrassonográficas dos testículos e do plexo pampiniforme de touros jovens sob diferentes condições microclimáticas e desenvolver parâmetros de avaliação ultrassonográfica que permitam caracterizar os animais em função de sua fase de desenvolvimento sexual. Foram utilizados 46 machos bovinos jovens, sendo 22 da raça Nelore e 24 da raça Canchim ( $8,0 \pm 0,5$  meses e  $211,0 \pm 5,9$  kg), monitorados por 12 meses (8 aos 19 meses de idade). No primeiro artigo, 10 animais Nelore e 12 animais Canchim foram alocados em sistema de produção com pastagens não-sombreadas (Grupo NS, n=22) e 12 animais Nelore e 12 animais Canchim em sistema silvipastoril (Grupo SSP, n=24). No segundo artigo, avaliou-se as características ultrassonográficas testiculares de 22 animais Nelore e 24 animais Canchim ao longo de 12 meses, independente do sistema de produção, além disso, os animais foram divididos em pré-púberes (avaliações de até três meses antes da puberdade) e pós-púberes (avaliações de até três meses pós puberdade). Mensalmente foram realizadas biometria testicular, avaliações ultrassonográficas em modo B e Doppler colorido do parênquima testicular e do plexo pampiniforme e Doppler espectral da artéria suprategicular, coleta de sangue jugular e avaliações seminais. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS ( $P < 0,05$ ). No primeiro artigo avaliou-se a interação entre sistemas de produção e idade. No segundo artigo, avaliou-se a interação entre raças e idade, e a comparação entre as fases pré e pós-púbere. Não foram encontradas interações entre os sistemas de produção e idade para volume testicular ( $P = 0,1$ ), ecogenicidade do parênquima ( $P = 0,3$ ), Doppler testicular relativa ( $P > 0,05$ ) e índice de pulsatilidade ( $P = 0,3$ ). Interações entre raça e idade foram observadas para volume testicular ( $P = 0,03$ ), ecogenicidade do parênquima ( $P = 0,0007$ ) e área Doppler testicular relativa ( $P = 0,0003$ ). Para as fases puberais, foram observadas interações entre estágio puberal e raça para ecogenicidade do parênquima ( $P = 0,03$ ) e área Doppler relativa do parênquima ( $P = 0,03$ ). Em conclusão, não há diferenças nas características ultrassonográficas testiculares de touros jovens criados em diferentes microclimas, as diferenças estão mais relacionadas à idade. Quando comparado as raças, os touros Canchim possuem valores ecogênicos e de fluxo sanguíneo testicular superiores aos animais Nelore. Além disso, há diferença na ecogenicidade e na perfusão tecidual do parênquima testicular entre as fases pré-púbere e pós-púbere.

**Palavras-chaves:** Andrologia animal; sistemas de produção; microclima; hemodinâmica testicular; puberdade; genótipos.

## **EFFECTS OF DIFFERENT MICROCLIMATIC CONDITIONS IN TROPICAL ENVIRONMENT ON TESTICULAR ULTRASOUND CHARACTERISTICS OF YOUNG NELORE AND CANCHIM BULLS**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the ultrasonographic characteristics of the testicles and pampiniform plexus of young bulls under different microclimatic conditions and to develop ultrasonographic evaluation parameters that allow characterizing the animals according to their stage of sexual development. Forty-six young male cattle were used, 22 of the Nelore breed and 24 of the Canchim breed ( $8.0 \pm 0.5$  months and  $211.0 \pm 5.9$  kg), monitored for 12 months (8 to 19 months of age). In the first manuscript, 10 Nelore animals and 12 Canchim animals were allocated to a production system with non-shaded pastures (NS Group,  $n = 22$ ) and 12 Nelore animals and 12 Canchim animals to a silvopastoral system (SSP Group,  $n = 24$ ). In the second manuscript, the testicular ultrasound characteristics of 22 Nelore animals and 24 Canchim animals were evaluated over 12 months, regardless of the production system. In addition, the animals were divided into pre-pubertal (assessments up to three months before puberty) and post-pubertal (assessments up to three months after puberty). Testicular biometry, B-mode ultrasound and color Doppler evaluations of the testicular parenchyma and pampiniform plexus, and spectral Doppler of the suprastesticular artery, jugular blood collection and seminal evaluations were performed monthly. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS ( $P < 0.05$ ). The first manuscript evaluated the interaction between production systems and age. The second manuscript evaluated the interaction between breeds and age, and the comparison between pre- and post-pubertal phases. No interactions were found between production systems and age for testicular volume ( $P = 0.1$ ), parenchymal echogenicity ( $P = 0.3$ ), relative testicular Doppler ( $P > 0.05$ ) and pulsatility index ( $P = 0.3$ ). Interactions between breed and age were observed for testicular volume ( $P = 0.03$ ), parenchymal echogenicity ( $P = 0.0007$ ) and relative testicular Doppler area ( $P = 0.0003$ ). For pubertal stages, interactions between pubertal stage and breed were observed for parenchymal echogenicity ( $P = 0.03$ ) and relative parenchymal Doppler area ( $P = 0.03$ ). In conclusion, there are no differences in the testicular ultrasound characteristics of young bulls raised in different microclimates; the differences are more related to age. When comparing the breeds, Canchim bulls have higher echogenic and testicular blood flow values than Nelore animals. In addition, there is a difference in the echogenicity and tissue perfusion of the testicular parenchyma between the prepubertal and postpubertal phases.

**Keywords:** Animal andrology; production systems; microclimate; testicular hemodynamics; puberty; genotypes.

## **CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais**

### **1. INTRODUÇÃO**

Na pecuária moderna, a seleção precoce de reprodutores tem ganhado crescente importância, com o intuito de aumentar a eficiência reprodutiva dos sistemas de produção (Stafuzza et al., 2019) e acelerar a reposição de animais multiplicadores por indivíduos mais jovens e portadores de características reprodutivas de alto interesse comercial. Assim, biotécnicas capazes de selecionar precocemente animais aptos à reprodução vêm sendo estudadas, a fim de melhorar a eficiência do tempo de serviço do reprodutor, bem como possibilitar a geração de maior número de descendentes (Ferraz e Eler, 2007).

Um dos fatores que pode influenciar a manifestação precoce da puberdade em animais de produção é o ambiente adequado de criação. Sendo assim, o ambiente é crucial para o desenvolvimento sexual e para a expressão máxima do potencial genético dos animais (Fernandez-Novo et al., 2020). Animais submetidos a um ambiente inadequado e condições estressantes são mais suscetíveis a desenvolver alterações deletérias em suas funções fisiológicas (Barendse, 2017) e apresentar retardo no desenvolvimento corpóreo (Marai et al., 2008). Dentre os agentes estressores mais comuns nos sistemas de produção pecuária no Brasil encontra-se o estresse térmico pelo calor (Garcia, 2017). Nesse contexto, a adoção de sistemas silvipastoril pode ser uma alternativa para mitigar os efeitos do clima tropical e, mais recentemente, dos eventos climáticos extremos (Lemes et al., 2021). Nos sistemas silvipastoril, a incorporação planejada e ordenada de arborização nas pastagens melhora as condições do microclima (Pezzopane et al., 2019), minimiza o calor por meio da presença do componente arbóreo e diminui a radiação solar direta sobre os animais, com potencial efeito positivo no bem-estar e no conforto térmico dos animais (Broom et al., 2013; Giro et al., 2019).

Em touros bovinos, a elevação da temperatura ambiente pode causar danos testiculares (Garcia, 2017; Romanello et al., 2018) e afetar diretamente o aporte sanguíneo gonadal. Conseqüentemente, a função testicular pode ser comprometida, levando a alterações nas dimensões testiculares devido ao comprometimento do tecido responsável pela espermatogênese (Velickovic; Stefanovic, 2014; Alves et al., 2016). Estudos indicam um efeito direto da elevação da temperatura sobre as células testiculares, ocasionando respostas específicas do tecido testicular frente ao estresse térmico (Kastelic et al., 2019; Rizzoto et al., 2020). Deste modo, ambientes com altas temperaturas podem comprometer a eficiência dos mecanismos termorregulatórios e dificultar a dissipação de calor, levando o animal a estresse térmico por calor (Curtis et al., 2017).

Nesse sentido, a ultrassonografia testicular vem sendo usada como um importante exame complementar na identificação de possíveis alterações gonadais causadas pelo ambiente (Camela et al., 2017). Ainda, os exames ultrassonográficos podem ser aplicados a animais de diferentes faixas etárias (Rodrigues et al., 2020), com potencial estabelecimento de marcadores para identificar possível desenvolvimento sexual. Além disso, pode ser utilizado para identificar diferenças entre touros de diferentes raças (Junior et al., 2018). Análises ultrassonográficas em modo B podem caracterizar a intensidade de pixels de estruturas observadas na varredura ultrassonográfica, gerando variáveis ecogênicas capazes de prever o momento de início da puberdade ou ser um indicador de precocidade sexual (Aravindakshan et al., 2000; Vikram et al., 2021). Associadas ao modo B, as modalidades Doppler colorido e Doppler Espectral são técnicas ultrassonográficas que permitem, respectivamente, o estudo da arquitetura vascular e das características hemodinâmicas dos vasos sanguíneos de diversos órgãos (Carvalho et al., 2008). Essa abordagem associativa permite, portanto, uma avaliação quantitativa de variáveis de interesse sonográfico, além dos índices

velocimétricos dos vasos que perfundem os órgãos reprodutivos (Wood et al., 2010). Além disso, é relatado que temperaturas ambientais mais altas aumentam significativamente o fluxo sanguíneo testicular, efeito observado por meio da ultrassonografia Doppler Espectral (Barros Adwelli et al. 2018; Rodrigues et al., 2023). Diante dos estudos publicados, surge a perspectiva de que as avaliações da ultrassonografia testicular por meio da aferição das características dos pixels geradores das imagens dos órgãos reprodutivos possam ser potencialmente preditivas ou determinantes do início da puberdade e do desenvolvimento ao ápice da maturidade sexual (Aravindakshan et al., 2000; Pinho et al., 2013).

Assim, a utilização da ultrassonografia com o intuito de auxiliar na predição do início da puberdade e avaliar os efeitos causados pelo sistema de produção pode configurar um avanço para as pesquisas científicas e seleção de touros precoces. No entanto, pouco se sabe quanto aos parâmetros fisiológicos da hemodinâmica testicular em touros criados em diferentes sistemas de produção, tampouco sobre a utilização de ferramentas ultrassonográficas como possíveis marcadores da puberdade e de diferenças entre raças. Essa lacuna de informações gera uma oportunidade para se realizar estudos com técnicas diagnósticas inovadoras na andrologia bovina, a fim de se identificar potenciais preditores da entrada à puberdade, bem como apontar possíveis alterações relacionadas ao desafio térmico pelo calor.

Desta forma, será abordado a seguir, uma revisão de literatura sobre os principais aspectos na qual os sistemas de produção podem interferir ou afetar os processos fisiológicos de termorregulação testicular. Bem como, uma abordagem sobre a utilização da ultrassonografia para avaliação de possíveis alterações testiculares e como potencial utilização para a identificação de marcados de puberdade. Posteriormente, são apresentados dois artigos científicos, sendo o primeiro uma abordagem de avaliação das

características ultrassonográficas dos testículos e do plexo pampiniforme de touros jovens sob diferentes condições microclimáticas ao longo de 12 meses. E o segundo artigo, uma avaliação ultrassonográfica testicular de touros jovens Nelore e Canchim dos 8 aos 19 meses de idade, com o intuito de caracterizar as diferenças entre as raças e sua fase de desenvolvimento sexual.

## **5. CONCLUSION**

The Canchim bulls have higher echogenic and testicular blood perfusion values than Nelore animals. Furthermore, prepubertal Canchim animals present higher echogenicity values when compared to post-pubertal animals and pre-pubertal Nelore animals present a smaller area of tissue perfusion of the parenchyma when compared to post-pubertal animals. These findings suggest that testicular ultrasound assessments may serve as potential predictors or determinants of puberty onset.

## **6. REFERENCES**

- [1] Silva GL, Urzêda M, Moreira Ramos G, Diniz de Castro R, Ribeiro dos Santos I, da Silva Santos A, et al. Reproductive characteristics of pre-pubertal bulls supplemented with vitamin A. *Res Soc Dev* 2020;9:e174963354. <https://doi.org/10.33448/RSD-V9I6.3354>.

- [2] Stafuzza NB, Costa e Silva EV da, Silva RM de O, Costa Filho LCC da, Barbosa FB, Macedo GG, et al. Genome-wide association study for age at puberty in young Nelore bulls. *J Anim Breed Genet* 2020;137:234–44. <https://doi.org/10.1111/JBG.12438>.
- [3] Rodrigues NN, Rossi GF, Vrisman DP, Taira AR, Souza LL, Zorzetto MF, et al. Ultrasonographic characteristics of the testes, epididymis and accessory sex glands and arterial spectral indices in peri- and post-pubertal Nelore and Caracu bulls. *Anim Reprod Sci* 2020;212:106235. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2019.106235>.
- [4] Waters K, Schnuelle JG, Cofield LG, Rush J, Boakari Y, Cowley J, et al. Tubular ectasia of the rete testis in an Angus bull. *Reprod Domest Anim* 2021;56:1261–4. <https://doi.org/10.1111/RDA.13985>.
- [5] Aravindakshan JP, Honaramooz A, Bartlewski PM, Beard AP, Pierson RA, Rawlings NC. Pattern of gonadotropin secretion and ultrasonographic evaluation of developmental changes in the testis of early and late maturing bull calves. *Theriogenology* 2000;54:339–54. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00353-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00353-8).
- [6] Vikram R, Dewry RK, Mohanty TK, Yadav HP, Nath S, Bhakat M, et al. Digital analysis of testicular ultrasound image can classify buffalo bulls with high sperm production capacity. *Buffalo Bulletin* 2021:107–14. <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/BufBu/article/view/2820/1980> (accessed December 2, 2024).
- [7] Brito LFC, Barth AD, Wilde RE, Kastelic JP. Testicular ultrasonogram pixel intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. *Theriogenology* 2012;78:69–76. <https://doi.org/10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2012.01.022>.

- [8] Carvalho CF, Chammas MC, Cerri GG. Princípios físicos do Doppler em ultrasonografia. *Ciênc Rural* 2008;38:872–9. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300047>.
- [9] Camela ESC, Nociti RP, Santos VJC, Macente BI, Maciel GS, Feliciano MAR, et al. Ultrasonographic characteristics of accessory sex glands and spectral Doppler indices of the internal iliac arteries in peri- and post-pubertal Dorper rams raised in a subtropical climate. *Anim Reprod Sci* 2017;184:29–35. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2017.06.010>.
- [10] Junior FAB, Junior CK, Fávares P da C, Pereira GR, Morotti F, Menegassi SRO, et al. Effect of breed on testicular blood flow dynamics in bulls. *Theriogenology* 2018;118:16–21. <https://doi.org/10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2018.05.022>.
- [11] Neto TM, de Castilho EF, Pinho RO, Guimarães SEF, da Costa EP, Guimarães JD. Puberdade e maturidade sexual em touros jovens da raça Simental, criados sob regime extensivo em clima tropical. *Rev Bras Zootec* 2011;40:1917–25. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900011>.
- [12] Kumar BSB, Pandita S, Sharma A, Jadhav V, Soren S, Mili B, et al. Regulation of postnatal development of testes and its association with puberty and fertility -A review. *Agri Rev* 2015;36. <https://doi.org/10.18805/AG.V36I4.6671>.
- [13] Chacur M, Arikawa A, Oba E, Souza C, Filho LRG, Chacur M, et al. Influence of Testosterone on Body and Testicular Development in Zebu Cattle in the Tropical Climate. *Adv Testis Act* 2018. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.76706>.
- [14] Embrapa. Condições meteorológicas da estação da Embrapa Pecuária Sudeste (2024). <http://www.cppse.embrapa.br/meteorologia/index.php?pg=inicio> (accessed December 2, 2024).

- [15] Cooke RF, Arthington JD, Araujo DB, Lamb GC. Effects of acclimation to human interaction on performance, temperament, physiological responses, and pregnancy rates of Brahman-crossbred cows. *J Anim Sci* 2009;87:4125–32. <https://doi.org/10.2527/JAS.2009-2021>.
- [16] Wolf FR, Almquist JO, Hale EB. Prepuberal Behavior and Puberal Characteristics of Beef Bulls on High Nutrient Allowance. *J Anim Sci* 1965;24:761–5. <https://doi.org/10.2527/JAS1965.243761X>.
- [17] CBRA. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. CBRA - Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. 3rd Ed Belo Horizonte, Brasil, 2013:104.
- [18] Krause D. Sistema reprodutor masculino. In: Rosenberger G, Dirksen G, Gründer HD, Grunert E, Krause D, Stöber M (eds) Exame clínico Dos Bovinos. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp 242–268 1993.
- [19] Bailey TL, Hudson RS, Powe TA, Riddell MG, Wolfe DF, Carson RL. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. *Theriogenology* 1998;49:581–94. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00009-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00009-0).
- [20] Fortes MRS, Lehnert SA, Bolormaa S, Reich C, Fordyce G, Corbet NJ, et al. Finding genes for economically important traits: Brahman cattle puberty. *Anim Prod Sci* 2012;52:143–50. <https://doi.org/10.1071/AN11165>.
- [21] Brito LFC, Silva AEDF, Unanian MM, Dode MAN, Barbosa RT, Kastelic JP. Sexual development in early- and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. *Theriogenology* 2004;62:1198–217. <https://doi.org/10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2004.01.006>.

- [22] Casas E, Lunstra DD, Cundiff L V., Ford JJ. Growth and pubertal development of F1 bulls from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Friesian, and Wagyu sires. *J Anim Sci* 2007;85:2904–9. <https://doi.org/10.2527/JAS.2007-0260>.
- [23] Pinho RO, Costa DS, Siqueira JB, Martins LF, Chaya AY, Miranda Neto T, et al. Correlation of sexual maturity stage with testicular echotexture in young Nellore bulls. *Acta Sci Vet* 2013;41:1161.
- [24] Abdel-Razek AK, Ali A. Developmental changes of bull (*Bos taurus*) genitalia as evaluated by caliper and ultrasonography. *Reprod Domest Anim* 2005;40:23–7. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0531.2004.00549.X>.
- [25] Murphy EM, Kelly AK, O’Meara C, Eivers B, Lonergan P, Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre. *J Anim Sci* 2018;96:2408. <https://doi.org/10.1093/JAS/SKY130>.
- [26] Ahmad E, Ahmad N, Naseer Z, Aleem M, Khan MS, Ashiq M, et al. Relationship of age to body weight, scrotal circumference, testicular ultrasonograms, and semen quality in Sahiwal bulls. *Trop Anim Health Prod* 2011;43:159–64. <https://doi.org/10.1007/S11250-010-9668-1/TABLES/1>.
- [27] Evans ACO, Pierson RA, Garcia A, McDougall LM, Hrudka F, Rawlings NC. Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. *Theriogenology* 1996;46:345–57. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(96\)00190-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(96)00190-2).
- [28] Eurell JA, Frappier BL. *Histologia veterinária de Dellmann* (6nd ed.) (Manole, 2012).

- [29] Camela ESC, Nociti RP, Santos VJC, Macente BI, Murawski M, Vicente WRR, et al. Changes in testicular size, echotexture, and arterial blood flow associated with the attainment of puberty in Dorper rams raised in a subtropical climate. *Reprod Domest Anim* 2019;54:131–7. <https://doi.org/10.1111/RDA.13213>.
- [30] Byrne CJ, Keogh K, Kenny DA. Review: Role of early life nutrition in regulating sexual development in bulls. *Animal* 2023;17:100802. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2023.100802>.
- [31] Claus LAM, Barca Junior FA, Junior CK, Pereira GR, Fávoro P da C, Ferreira FP, et al. Testicular shape, scrotal skin thickness and testicular artery blood flow changes in bulls of different ages. *Reprod Domest Anim* 2021;56:1034–9. <https://doi.org/10.1111/RDA.13947>.
- [32] Strina A, Corda A, Nieddu S, Solinas G, Lilliu M, Zedda MT, et al. Annual variations in resistive index (RI) of testicular artery, volume measurements and testosterone levels in bucks. *Comp Clin Path* 2016;25:409–13. <https://doi.org/10.1007/S00580-015-2199-4/FIGURES/6>.
- [33] Rajak SK, Kumaresan A, Gaurav MK, Layek SS, Mohanty TK, Aslam MKM, et al. Testicular Cell Indices and Peripheral Blood Testosterone Concentrations in Relation to Age and Semen Quality in Crossbred (Holstein Friesian×Tharparkar) Bulls. *Asian-Australas J Anim Sci* 2014;27:1554–61. <https://doi.org/10.5713/AJAS.2014.14139>.
- [34] Sethi M, Shah N, Mohanty TK, Bhakat M, Baithalu RK. New dimensions on maternal and prepubertal nutritional disruption on bull fertility: A review. *Anim Reprod Sci* 2022;247:107151. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2022.107151>.

[35] Kenny DA, Byrne CJ. Review: The effect of nutrition on timing of pubertal onset and subsequent fertility in the bull. *Animal* 2018;12:s36–44. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000514>.

[36] Moura A de AA, Rodrigues GC, Martins Filho R. Desenvolvimento ponderal e testicular, concentrações periféricas de testosterona e características de abate em touros da raça Nelore. *Rev Bras Zootec* 2002;31:934–43. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400017>.