

Alécio Matos Pereira
Gilcyvan Costa de Sousa
Gregório Elias Nunes Viana
(Organizadores)

ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência
e tecnologia

Atena
Editora
Ano 2023

Alécio Matos Pereira
Gilcyvan Costa de Sousa
Gregório Elias Nunes Viana
(Organizadores)

ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência
e tecnologia


Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Zootecnia: desafios e tendências da ciência e tecnologia

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Soellen de Britto
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Alécio Matos Pereira
Gilcyvan Costa de Sousa
Gregório Elias Nunes Viana

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) | |
|--|--|
| Z87 | <p>Zootecnia: desafios e tendências da ciência e tecnologia / Organizadores Alécio Matos Pereira, Gilcyvan Costa de Sousa, Gregório Elias Nunes Viana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1049-2 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.492231502</p> <p>1. Zootecnia. 2. Animais. I. Pereira, Alécio Matos (Organizador). II. Sousa, Gilcyvan Costa de (Organizador). III. Viana, Gregório Elias Nunes (Organizador). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 636</p> |
| Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166 | |

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

(Desafios e Tendências da Ciência e Tecnologia)

Sem sombra de dúvidas, com o surgimento das tecnologias ao longo dos anos, o desenvolvimento da ciência está cada vez mais crescente, seja na parte metodológica quanto na parte experimental. Entretanto, em diferentes ramos da ciência ainda há desafios que precisam ser suplantados, especialmente na veterinária, zootecnia e nas ciências biológicas, áreas que além de possuírem estreita relação, batalham por um mesmo objetivo, cuidar dos animais.

A tecnologia que hoje é o principal caminho para o desenvolvimento de soluções que viabilizaram a sustentabilidade da produção animal, e os trabalhos cinéticos são a grande gênese das novas descobertas tecnológicas. Nesse contexto, a obra que estais prestes a ler não é diferente, sua função principal é atualizar e complementar o conhecimento dos profissionais que trabalham com animais, a fim de ajudá-los a alcançarem um aprendizado fundamental para desempenharem com maestria a carreira profissional.

Constituído por 5 capítulos especiais, o presente e-book abrange e explora temas atuais que permeiam o universo da zootecnia, veterinária e áreas afins, simplesmente tratando e respondendo, de modo aprofundado, questões relevantes que geralmente são superficialmente abordadas.

Alécio Matos Pereira
Gilcyvan Costa de Sousa
Gregório Elias Nunes Viana

CAPÍTULO 1 1**NUTRIÇÃO NEONATAL PARA PINTINHOS RECÉM-NASCIDOS**

Marcos Augusto Alves da Silva

Débora Senise Gomes

Emilia de Paiva Porto

Samara Paula Verza

Esther Albano Piantavini Pinheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315021>**CAPÍTULO 2 7****PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASE PRODUZIDA POR *Aspergillus***

Júlio César dos Santos Nascimento

Apolônio Gomes Ribeiro

Daniela de Araújo Viana Marques

José António Couto Teixeira

Tatiana Souza Porto

Ana Lúcia Figueiredo Porto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315022>**CAPÍTULO 320****MECANISMOS HOMEOSTÁTICOS E HOMEORRÉTICOS DECORRENTES DA ACLIMATIZAÇÃO SAZONAL EM BOVINOS LEITEIROS DE DIFERENTE CAPACIDADE PRODUTIVA**

Flávio Daniel Gomes da Silva

Liliana Margarida Sargento Cachucho

Catarina Fernandes Marques de Matos

Ana Carina Alves Pereira de Mira Geraldo

Cristina Maria dos Santos Conceição

Elsa Cristina Carona de Sousa Lamy

Fernando Manuel Salvado Capela e Silva

Paulo Infante

Alfredo Manuel Franco Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315023>**CAPÍTULO 435****ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS CAUSADAS POR LESHMANIOSE EM SEUS RESPECTIVOS HOSPEDEIROS: REVISÃO DE LITERATURA**

Gilcyvan Costa de Sousa

Alécio Matos Pereira

Brainerd Gomes dos Santos

Gregório Elias Nunes Viana

Maria Madalena Silva e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315024>

CAPÍTULO 542

REVISÃO DE LITERATURA: TERMORREGULAÇÃO DE OVINOS DA RAÇA SANTA INÊS

Aline de Sousa Silva

Alécio Matos Pereira

Moisés A. de Brito

Jaqueline da S. Rocha

Gilcyvan Costa de Sousa

Gregório Elias Nunes Viana

Maria Madalena Silva e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315025>

SOBRE OS ORGANIZADORES56

ÍNDICE REMISSIVO57

NUTRIÇÃO NEONATAL PARA PINTINHOS RECÉM-NASCIDOS

Data de aceite: 01/02/2023

Marcos Augusto Alves da Silva

Universidade Estadual do Norte do Paraná
- *Campus* de Bandeirantes
Bandeirantes - Paraná - Brasil

Débora Senise Gomes

Universidade Estadual do Norte do Paraná
- *Campus* de Bandeirantes
Bandeirantes - Paraná - Brasil

Emilia de Paiva Porto

Universidade Estadual do Norte do Paraná
- *Campus* de Bandeirantes
Bandeirantes - Paraná - Brasil

Samara Paula Verza

Universidade Estadual do Norte do Paraná
- *Campus* de Bandeirantes
Bandeirantes - Paraná - Brasil

Esther Albano Piantavini Pinheiro

Médica Veterinária – Empresa Integradora
de frango de corte

RESUMO: Os pintinhos recém-nascidos se alimentam de reservas de origem materna, como a gema e o albúmen com função energética e proteica, respectivamente, até o terceiro dia de vida. Este trabalho objetivou avaliar o desempenho e morfometria intestinal de frangos de corte alimentados

com dieta neonatal utilizada ainda nas caixas de transporte até os aviários. Na sala de nascimento da planta de incubação e em forma aleatória foram escolhidas 520 caixas transportadoras com 100 pintinhos cada uma. Em 260 delas, foi distribuído 200g da dieta neonatal no piso de cada caixa, as 260 caixas restantes não receberam a alimentação. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, em dois aviários semi-climatizados de 1500 m² cada um, com capacidade de alojar 26000. Os tratamentos foram divididos em aves que receberam a dieta neonatal e aves que não receberam a dieta. Na avaliação de desempenho das aves foram registrados os pesos médios dos pintinhos ainda no incubatório (PI), no momento da chegada ao aviário (PC), aos 7 (P7), 14 (P14), 21 (P21) e 28 (P28) dias. Também foram avaliadas características morfométricas das aves, como altura de vilosidades e profundidade de criptas intestinais. Os dados foram submetidos a análise de variância e médias comparadas pelo teste T (Student) 5%. O peso das aves aos sete e aos quatorze dias de vida foram maiores para as aves que receberam a dieta neonatal e os demais pesos avaliados não apresentaram diferenças. Altura de vilosidades foi maior e profundidade de

criptas foi menor em pintinhos de um dia que receberam dieta. Pode-se concluir que a utilização da dieta neonatal proporcionou melhor desenvolvimento de vilosidades intestinais nos primeiros dias de vida dos pintinhos e melhorou o ganho de peso durante as duas primeiras semanas.

PALAVRAS-CHAVE: Aves, desempenho, dieta pré-inicial, frango de corte, morfometria intestinal.

NEONATAL NUTRITION FOR NEWBORN CHICKS

ABSTRACT: The newborn chicks feed on maternally derived reserves as the yolk and albumen with energy and protein function, respectively, until the third day of life. This study aimed to evaluate the performance and intestinal morphometry of broiler chickens fed neonatal diet still used in shipping boxes to the aviaries. At birth room incubating the plant and were randomly selected boxes 520 carriers 100 chicks each. In 260 of them was distributed 200g of neonatal diet on the floor of each box, the remaining 260 boxes were not given food. The animals were randomized into two semi-air-conditioned aviaries 1500 m² each with capacity to host 26000. The treatments were divided in birds that received neonatal diet and birds that did not receive the diet. In assessing the performance of birds have been recorded average weights of the chicks still in the hatchery (PI) at the time of arrival at the aviary (PC) to 7 (P7), 14 (P14), 21 (P21) and 28 (P28) days. Also morphometric characteristics of the birds were evaluated as villi height and depth of intestinal crypts. The data were submitted to analysis of variance and means compared by T test (Student) 5%. The weight of birds at seven and fourteen days of life were higher for birds fed neonatal diet and the other evaluated weights did not differ. Villus height was higher and crypt depth was lower in day-old chicks fed diet. It can be concluded that the use of neonatal diet enhanced growth of intestinal villi during the first days of life of chicks and improved weight gain during the first two weeks.

KEYWORDS: Birds, performance, pre-starter diet, broilers, intestinal morphometry.

INTRODUÇÃO

As aves de corte nascem com uma reserva nutricional contida no saco vitelino representando em média 10% do seu peso vivo. Essas reservas são porções remanescentes da utilização da gema e do albúmen que flui para o saco vitelino no final da segunda semana de incubação (VIEIRA e POPHAL, 2000) e são responsáveis por nutrir os pintinhos até terem acesso à ração.

Durante a primeira semana de vida, os órgãos crescem e se desenvolvem a uma velocidade máxima. Durante o período transitório entre a absorção da gema e a alimentação exógena, ocorre a maturação da termorregulação, o começo da imunocompetência, assim como mudanças nos padrões de crescimento dos órgãos. O fornecimento de uma boa alimentação imediatamente após a eclosão, resulta em um incremento da bursa e um precoce aparecimento da IgA, criando uma maior resistência as enfermidades (DIBNER *et al.*, 1998). Além disso, a alimentação pré-inicial é importante para estimular desenvolvimento

do sistema digestório dos pintinhos. Durante as primeiras horas de vida, os pintos exibem poucas criptas bem definidas e intensa proliferação de enterócitos na mucosa intestinal (UNI et al., 1998). Segundo Noy & Sklan (1999), pintos alimentados imediatamente após a eclosão, tem quase 1 g de gordura e proteína da gema do saco vitelínico embrionário desviado para dobrar o volume intestinal, portanto, o jejum neste período deprime a extensão e atrasa a maturação funcional do intestino (MAIORKA et al., 2003) e, conseqüentemente, afeta o peso corporal (NOY & SKLAN, 1999). Diante o exposto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do fornecimento da dieta neonatal durante o transporte de pintinhos de um dia, sob o desempenho e altura de criptas e vilosidades de frangos de corte.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas, aleatoriamente, na sala de nascimento do incubatório de uma integradora, 520 caixas transportadoras contendo 100 pintinhos cada uma, totalizando 52000 pintos de corte da linhagem Hoss.

Os tratamentos foram compostos por 260 caixas contendo 200g da dieta neonatal no piso das caixas (CD), previamente hidratado com água morna na proporção de 1 litro por quilo de ração em pó e, 260 caixas que não receberam a dieta (SD). O transporte dos pintinhos teve duração de 14 horas e posteriormente foram alojados em dois aviários semi-climatizados de 1500 m² cada, com capacidade de alojar 26000. Foram utilizados bebedouros tipo *nipple* e comedouros do tipo helicoidal. Todos os animais foram alimentados com as mesmas dietas após o transporte. Foram utilizados quatro tipos de rações formuladas de acordo com a exigência nutricional para cada fase.

Para avaliação dos pesos médios dos pintinhos na saída do incubatório (PI), na chegada ao aviário (PC) e aos 7 dias (P7) foram registrados os pesos de dez caixas. Posteriormente foram selecionados dez pontos aleatórios em cada aviário, dos quais foram pesadas cinco aves em cada ponto aos 14 (P14), 21 (P21) e 28 (P28) dias. Para avaliação da morfometria intestinal foram coletados aleatoriamente e eutanasiados dez pintinhos: na saída do incubatório, após o transporte e com sete dias de idade. As porções intestinais coletadas foram fragmentos do intestino delgado para avaliar a altura dos vilos e profundidade das criptas. As porções médias dos segmentos do duodeno foram abertas longitudinalmente e retirados um fragmento de aproximadamente 2 cm de comprimento cuidadosamente, e foram estendidas pela túnica serosa e fixados em solução fixadora de formol 10%. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em solução crescente de álcool, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina para confecção das lâminas. As secções foram coradas com hematoxilina-eosina. A análise morfométrica dos fragmentos intestinais foi efetuada no laboratório de patologia animal da UEL/ Londrina-PR. Todos os resultados foram submetidos análise de variância e as médias comparadas pelo teste T de Student 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias dos valores do PI, PC, P7, P14, P21 e P28 estão apresentados na Tabela 1.

| Tratamento | PI (g) | PC (g) | P7 (g) | P14 (g) | P21 (g) | P28 (g) |
|---------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| CD | 42,09 ^a | 42,28 ^a | 190,52 ^a | 494,42 ^a | 958,22 ^a | 1488,00 ^a |
| SD | 42,48 ^a | 42,44 ^a | 182,77 ^b | 482,82 ^b | 939,92 ^a | 1466,00 ^a |
| CV (%) | 4,82 | 5,47 | 5,40 | 3,35 | 6,40 | 1,96 |

Tabela 1 – Valores dos pesos médios dos pintinhos ainda no incubatório (PI), no momento da chegada no aviário (PC), aos 7 dias (P7), 14 dias (P14), 21 dias (P21), 28 dias (P28).

Números seguidos por mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si no teste T (Student) ao nível de 5% ($P > 0,05$). CD: pintinhos que receberam a dieta; SD: pintinhos que não receberam a dieta.

Pode-se observar que o peso no incubatório, o peso na chegada ao aviário, o peso aos 21 e aos 28 dias não diferiram entre os tratamentos. Apenas os valores dos pesos aos 7 e aos 14 dias diferiram entre os tratamentos, sendo os maiores valores apresentados para as aves que consumiram a deita neonatal. Cardeal et al. (2012) também encontrou melhora no ganho de peso aos sete dias de vida em pintinhos alimentados com ração pré-natal. Neste mesmo trabalho os autores observaram maior ganho de peso para as aves que ingeriram a dieta pré-natal até aos 21 dias de vida, após este período os ganhos de peso das aves ficaram semelhantes. Agostinho (2012) observou que o fornecimento de dieta pré-alojamento na fase pós-eclosão influenciou positivamente o desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal e o desempenho zootécnico de frangos de corte na fase inicial.

As médias de altura de vilosidades e profundidade de criptas para pintinhos de um e sete dias de idade estão apresentados nas tabelas 2.

| Tratamento | Um dia de idade | |
|--------------|----------------------|---------------------|
| | AV (mm) | PC(mm) |
| AT | 410,10 ^b | 52,53 ^a |
| CD | 651,15 ^a | 39,97 ^b |
| SD | 575,88 ^{ab} | 49,08 ^{ab} |
| CV(%) | 0,32 | 0,16 |

| Tratamento | Sete dias de idade | |
|--------------|-----------------------|---------------------|
| | AV (mm) | PC(mm) |
| CD | 1101,656 ^a | 218,63 ^a |
| SD | 1230,828 ^a | 220,37 ^a |
| CV(%) | 0,09 | 0,12 |

Números seguidos por mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si no teste T (Student) ao nível de 5%. AV: Altura de vilosidades em milímetros; PC: Profundidade de criptas em milímetros. CV: Coeficiente de variação em porcentagem; AT: pintinhos antes do transporte; CD: pintinhos que receberam a dieta; SD: pintinhos que não receberam a dieta.

Tabela 2 – Altura de vilosidades e profundidade de criptas de pintinhos com um e sete dias de idade submetidos ou não à dieta neonatal

Observou-se melhora na altura das vilosidades dos pintinhos de um dia que ingeriram a dieta em relação aos pintinhos antes do transporte (AT), entretanto, não houve diferença significativa entre as aves AT e as que não ingeriram a dieta. Tal fato mostra que a dieta neonatal aumentou o desenvolvimento de vilosidades intestinais, corroborando com Geyra, Uni e Sclan (2001a) os quais afirmam que o jejum pós-eclosão deprime a proliferação e migração dos enterócitos e o desenvolvimento das criptas e vilosidades, principalmente do duodeno e do jejuno.

Quanto à profundidade de criptas, houve diminuição significativa nos animais que ingeriram a dieta quando comparado aos AT e, entre o grupo que ingeriu a dieta e o que não ingeriu. Não houve diferença significativa entre os pintinhos AT e os animais que não receberam o produto. Diferentes resultados foram encontrados por Gomes (2007) que observou menor altura de vilosidades e maior profundidade de criptas em pintinhos alimentados com dieta pré-inicial até 10 dias de idade, e justificou isso a extrusão celular intensa de devido a dieta, fato negativo devido ao gasto de energia necessário para reparar o epitélio intestinal.

Para pintinhos com sete dias de idade, não houve diferença significativa na altura de vilosidades e profundidade de criptas entre os diferentes tratamentos, mostrando que o efeito da dieta neonatal sobre o aumento das vilosidades foi benéfica apenas nos primeiros dias de vida das aves.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a utilização da dieta neonatal melhorou desenvolvimento de vilosidades intestinais nos primeiros dias de vida dos pintinhos e o ganho de peso durante as duas primeiras semanas.

ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Estadual do Norte do Paraná sob o protocolo de nº035/2013.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, T.S.P. et al. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.4, p.1143-1155 out./dez., 2012

CARDEAL, P.C, et al. Efeito da alimentação pré-alojamento sobre o desempenho de frangos de corte. In: 28º Reunião Anual do CBNA 2013. **Anais do Congresso sobre Nutrição de animais jovens – Aves e suínos.**

DIBNER, J.J. et al. Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. **J. Appl. Poultry Res.** 7: 425-436, 1998.

GOMES, G. A. **Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. 2007, 118f. Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal de São Paulo, Pirassununga, SP, 2007.

GEYRA, A.; UNI, Z.; SKLAN, D. Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, p. 776-782, 2001a.

MAIORKA, A., et al. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. **Journal Applied Poultry Research**, Champaign, v. 12, n. 4, p. 483- 492, 2003.

NOY, Y.; SKLAN, D. Energy utilization in newly hatched chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 1750-1756, 1999.

UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 75-82, 1998

VIEIRA, S.L.; POPHAL, S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Campinas, v.2 n.3, p 189-200, 2000.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASE PRODUZIDA POR *Aspergillus*

Data de submissão: 05/01/2023

Data de aceite: 01/02/2023

Júlio César dos Santos Nascimento

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0003-3107-5876>

Apolônio Gomes Ribeiro

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Zootecnia Areia-PB
<https://orcid.org/0000-0001-6730-0209>

Daniela de Araújo Viana Marques

Universidade de Pernambuco, Instituto de Ciências Biológicas-ICB/UPE, Laboratório Integrado de Biotecnologia Aplicada-LIBAS/ICB/UPE Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-2380-7910>

José António Couto Teixeira

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biológica, Braga-Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-4918-3704>

Tatiana Souza Porto

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-1571-8897>

Ana Lúcia Figueiredo Porto

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0001-5561-5158>

RESUMO: A redução dos custos de produção tem sido uma das questões debatidas no âmbito da produção animal atualmente. Outro aspecto também debatido seria a utilização de alimentos alternativos e substitutos ao milho e soja, pois estes tem sofrido influências de mercado e seus preços variam a cada ano. Todavia, a maioria dos alimentos utilizados nessas substituições contém alguns fatores antinutricionais como fitato, inibidores de proteases entre outros que reduzem a biodisponibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos e dificultam a digestibilidade destes por parte dos animais monogástricos. Em vista disso, é que se tem buscado alternativas com auxílio das tecnologias, na produção e caracterização de enzimas exógenas para a alimentação animal, para a manutenção da qualidade dos alimentos, melhora sobre a digestibilidade dos nutrientes, eliminação

parcial ou total dos fatores antinutricionais dos alimentos utilizados na alimentação de aves e suínos. Assim, objetivou-se com essa revisão de literatura elaborar um documento com base nos avanços sobre a produção e caracterização bioquímica de enzimas fitase produzida por *Aspergillus*.

PALAVRAS-CHAVE: *Aspergillus niger*; Caracterização Bioquímica; Fermentação Submersa; Propriedades Catalíticas.

PRODUCTION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF PHYTASE PRODUCED BY *Aspergillus*

ABSTRACT: The reduction of production costs has been one of the issues debated in the field of animal production today. Another aspect also discussed would be the use of alternative foods and substitutes for corn and soy, as these have been influenced by the market and their prices vary from year to year. However, most foods used in these substitutions contain some antinutritional factors such as phytate, protease inhibitors, among others, which reduce the bioavailability of nutrients contained in foods and make their digestibility difficult for monogastric animals. In view of this, it is that alternatives have been sought with the aid of technologies, in the production and characterization of exogenous enzymes for animal feed, for the maintenance of food quality, improvement on the digestibility of nutrients, partial or total elimination of antinutritional factors from feeds used in poultry and swine feed. Thus, the objective of this literature review was to elaborate a document based on advances in the production and biochemical characterization of phytase enzymes produced by *Aspergillus*.

KEYWORDS: *Aspergillus niger*; Biochemical Characterization; Submerged Fermentation; Catalytic Properties.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos implementados nas cadeias produtivas de aves e suínos nas últimas décadas, a alimentação ainda se destaca como um dos principais desafios, representando cerca de 60 a 75% dos custos de produção (Ligeiro, 2007). Portanto, pequenas melhorias na eficiência de utilização dos nutrientes das dietas, podem resultar em grande economia e lucratividade para o setor (Costa et al., 2009).

Neste aspecto, a utilização de enzimas exógenas com a finalidade em auxiliar no processo do aproveitamento dos nutrientes pelos animais monogástricos, tem sido bastante estudada, isso devido à ausência ou a baixa produção de algumas enzimas endógenas capazes de atuarem na digestão de alguns componentes presentes nos alimentos de origem vegetal (Paula et al., 2009).

Dentre as enzimas exógenas, a mais estudada e que tem demonstrado maior eficácia é a fitase (*myo*-inositol hexakisphosphate phosphohydrolases), produzida principalmente por fungos filamentosos do gênero *Aspergillus*, com capacidade de hidrolisar o ácido fítico (*myo*-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexakisphosphate) ou fitato (Jatuwong et al., 2020), molécula de baixa disponibilidade biológica para aves e suínos (Ligeiro, 2007), disponibilizando fósforo, alguns cátions bivalentes, aminoácidos e energia (Dersjant-Li et al., 2014; Nascimento,

2015).

Geralmente, 75% do fósforo contido nos grãos de cereais e oleaginosas estão na forma de fitato, portanto o uso da fitase melhora o aproveitamento do fósforo (P) orgânico, reduzindo assim a necessidade de suplementação de P inorgânico na dieta dos animais (Naves et al., 2014). A redução da suplementação de fósforo inorgânico proporciona redução significativa dos custos de alimentação, pois este representa o ingrediente com o terceiro maior custo nas dietas para aves, além disso, pode ocorrer diminuição de 20 a 30% na excreção do fósforo (Nascimento, 2015).

Os efeitos ambientais provocados pelo excesso de fósforo nas excretas dos animais, vem se tornando um problema nas regiões de intensa produção animal (Yi e Kornegay, 1996; Correll, 1998; Smith et al., 1999; Humer et al., 2014), pois as excretas com alto teor de fósforo quando lançadas ao meio ambiente podem provocar a poluição do solo e dos mananciais (Sena, 2019). Neste contexto, este trabalho se propôs a fazer uma revisão de literatura sobre a produção e caracterização bioquímica da fitase produzida por fungos do gênero *Aspergillus* bastante utilizado em rações comerciais para aves e suínos.

2 | UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM NUTRIÇÃO ANIMAL

Os primeiros estudos envolvendo a utilização de enzimas nas dietas de animais não-ruminantes, foram obtidas a partir da descoberta de que grãos umedecidos associados à suplementação enzimática tinham maior aproveitamento nutricional pelos animais (Fry et al., 1958; Lima, 2008; Parizio, 2014). A partir de então, houve um maior interesse na utilização das enzimas nas rações de aves e suínos, devido aos gastos com matérias primas tradicionais e à busca por outros ingredientes alternativos como a cevada, aveia, arroz e trigo (Campestrini et al., 2005).

Nas últimas décadas, a utilização de enzimas nas dietas de aves e suínos vem ganhando destaque, isso em base a sua eficácia na disponibilidade de nutrientes das rações, redução nos custos dos principais insumos e matérias-primas das dietas, além de reduzir as contaminações ambientais devido a redução de nutrientes antes excretados em excesso, tais como o fósforo, nitrogênio, cobre e zinco (Sorio et al., 2011).

Além disso, a inclusão de enzimas possibilita manter maior uniformidade do lote, o que também pode resultar no aumento dos índices zootécnicos por possibilitar que o volume de ração e nutrientes fornecidos aos animais esteja mais perto da exigência nutricional requerida. Em formulação de rações para aves e suínos, aproximadamente 75% do fósforo proveniente dos alimentos de origem vegetal encontra-se combinado com o inositol formando a molécula do ácido fítico que tem um grande potencial quelante, o que diminui a solubilidade e a digestibilidade dos nutrientes. Como o fósforo é um mineral essencial por desempenhar importantes funções em vários processos metabólicos no organismo, ao formular dietas para aves e suínos torna-se necessário suplementar com

uma fonte de fósforo inorgânico que, depois da energia e da proteína, é o nutriente que mais onera o custo da ração comercial (Silva et al., 2012).

As enzimas exógenas têm a capacidade de auxiliar na degradação de componentes específicos presentes nos alimentos e são obtidas de forma natural, a partir da fermentação (Liu et al., 2010). São produzidas em todos os organismos vivos, desde animais e plantas mais desenvolvidos às formas mais simples de vida, pois as enzimas são requeridas para o metabolismo celular. Os micro-organismos que geralmente estão envolvidos na produção de enzimas são: bactérias (*Bacillus subtilis*, *B. lentus*, *B. amyloliquifaciens* e *B. stearothermophils*), fungos filamentosos (*Trichoderma longibrachiatum*, *Asperigillus oryzae* e *A. niger*) e levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) (Liu et al., 2010).

A maior parte das das enzimas correntemente utilizadas na indústria de alimentos e bebidas são derivadas a partir de *Aspergillus*, no entanto, as hemicelulases e celulases são derivadas de fungos do gênero *Trichoderma*. Recentemente, os genes que codificam enzimas diferentes, incluindo fitases, β -glucanases e xilanases estão sendo clonados e expressos em diferentes sistemas de micro-organismos e plantas (Liu et al., 2010).

Dentre os principais aditivos enzimáticos utilizados na alimentação de animais, aves e suínos, pode-se destacar as lipases, xilanases, glucanases, proteases e fitases. Em seu mecanismo, estas enzimas exógenas atuam de modo semelhante às enzimas endógenas, primeiramente ligando-se a um substrato e formando um complexo enzima- substrato (Henn, 2009).

3 | ÁCIDO FÍTICO

O ácido fítico (mioinositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis dihidrogênio fospódio) também conhecido como Inositol-6-fosfato, fitato em sua forma de sal (Kumar e Anand., 2021), fitina ou fósforo fítico, possuem diversas funções importantes na fisiologia vegetal durante o ciclo de vida das plantas, incluindo a estocagem de fósforo e alguns cátions, que fornecem matéria-prima para a formação da parede celular após a germinação. Além do mais, o fitato protege a semente contra o estresse oxidativo durante o armazenamento. O maior efeito negativo dos fitatos é o efeito quelante ou ligações fortes com outras moléculas tais como aminoácidos, amido e minerais, tais como Fósforo, cálcio, ferro, zinco e magnésio. Esse efeito provoca a assimilação de nutrientes necessários na alimentação e, por consequência, uma importante diminuição no rendimento das rações empregadas (Yin et al., 2007; Benevides et al., 2011).

Conforme Nagashiro (2007), a natureza antinutricional do fitato pode ser atribuída a diversos fatores, tais como: alta reatividade da molécula proporcionando ação quelante forte, indisponibilizando metais como Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} no trato gastrointestinal dos animais; formação de complexos com aminoácidos que resistem à hidrólise enzimática, pois os grupos fosfato do ácido fítico podem se ligar eletrostaticamente aos grupamentos amina

terminais ou aos resíduos dos aminoácidos lisina e arginina; interação com as enzimas amilase, tripsina, fosfatase ácida, dentre outras, havendo redução da atividade e inibição; formação de um complexo fitato- mineral-proteína que pode ser formado com cátions multivalentes, tornando as proteínas ligadas menos susceptíveis à hidrólise proteolítica (Nascimento, 2015).

Outro fator negativo dos fitatos, é que estes não são aproveitados durante a alimentação das aves e suínos, levando a sua excreção direta no meio ambiente (Nascimento, 2015). Os fitatos são hidrolisados por micro-organismos que fazem parte da microbiota do solo e o fósforo liberado flui para os lençóis freáticos provocando a eutrofização das águas em locais de produção intensiva de animais. A União Europeia tem aprovado importantes leis ambientais que obrigam os produtores de aves e suínos para alimentação humana suplementar as rações com fitases microbianas exógenas (Leal et al., 2010).

4 | FITASE

A fitase foi descoberta por Suzuki e colaboradores (1907) e começou a ser mais pesquisada a partir de em 1960. A primeira fitase comercial foi produzida por *Aspergillus niger* com capacidade de liberar fósforo ligado ao fitato e reduzir sua excreção. Esta enzima foi comercializada a partir de 1991, conhecida como Natuphos®, produzida e introduzida ao mercado pela BASF® (Engelen et al., 1994; Selle e Ravindran, 2006; Nascimento, 2015).

Fitases formam um grupo de enzimas, denominadas genericamente de mio-inositol-hexafosfato fosfohidrolase, classificadas como uma monoester fosfatase específica que pode ser diferenciada quanto à posição de hidrólise na molécula de ácido fítico (Selle e Ravindran, 2006).

Conforme a União Internacional de Química Pura e Aplicada e União Internacional de Bioquímica (IUPAC-IUB), duas categorias de fitases são reconhecidas de acordo com a posição onde a hidrólise do fitato é iniciada: 3-fitase (EC 3.1.3.8) que inicia removendo um grupo ortofosfato do carbono 3, no entanto a 6-fitase (EC 3.1.3.26) realiza a reação no carbono 6 da molécula de mio-inositol hexafosfato, sendo que a 3-fitase é principalmente de origem microbiana (bacteriana ou fúngica) e 6-fitase é derivada de vegetais, associadas à quebra da dormência em sementes vegetais, liberando grupos ortofosfatos provenientes do fitato para crescimento vegetal (Pandey et al., 2001; Konietzny e Greiner, 2002).

As 3-fitases (EC 3.1.3.8) são denominadas sistematicamente como mio-inositol hexaquis fosfato- 3-fosfohidrolase atuando na hidrólise da ligação éster na terceira posição do IP⁶ em IP⁵ e ortofosfato livre (Vats e Banerjee, 2004). Entretanto, as 6- fitases (EC 3.1.3.26) são designadas quimicamente como mio-inositol hexaquis fosfato- 6-fosfohidrolase, promovendo a catálise hidrolítica da ligação éster na sexta posição do IP⁶. Recentemente, isto foi reportado para a fitase produzida por *A. niger* que mostra atividade 3-fitase, enquanto *Peniophora lycii* e *Escherichia coli* apresentam uma atividade 6-fitase

(Selle et al., 2006).

A reação de desfosforilação catalisada pelas fitases está ilustrada. Nesta reação, o ácido fítico é transformado em ácido fosfórico, inositol, e compostos intermediários (fosfatídeos de inositol) incluindo ésteres de inositol mono-, bi-, tri-, tetra, e penta-fosfato (IP₁ a IP₅) dependendo do grau de desfosforilação catalisado pela enzima (Konietzny e Greiner, 2002).

A via de catabolismo da reação para a degradação do ácido fítico, segue um modelo de desfosforilação gradual: IP₆, IP₅, IP₄, IP₃, IP₂, IP₁ e inositol. O fitato possui seis grupos que podem ser liberados, dependendo da fitase utilizada, em velocidades e ordem diferentes. As fitases sintetizadas por fungos filamentosos e pela bactéria *Escherichia coli* conseguem liberar somente cinco dos seis grupamentos ortofosfatos, sendo que os produtos finais são myo-inositol 2-monofosfato (Dasgupta et al., 1996).

As fitases são bastante difundidas na natureza, podendo ser produzidas a partir de várias fontes hospedeiras, incluindo animais, plantas e microorganismos (Yao et al., 2011). Já foram encontradas diversas fontes de fitases vegetais, tais como trigo, milho, algumas ervas, arbustos, alfices, centeio e sementes oleaginosas, sendo que as atividades mais elevadas foram encontradas no trigo (*Triticum aestivum*), no centeio (*Secale cereale*) e na cevada (*Hordeum vulgare*). Devido às fitases oriundas de vegetais possuírem um espectro de atividade de pH mais estreito e baixa estabilidade ao calor, sua atividade se caracteriza como menos eficaz quando comparadas às de origem microbiana (Bhavsar e Khire, 2014).

Dentre as fitases microbianas, as fontes mais promissoras são as provenientes de fungos (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Talaromyces thermophilus*), leveduras (*Arxula adenivorans*, *Hansenula polymorpha*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schwanniomyces castellii*) e bactérias (*Bacillus* sp., *Enterobacter* sp., *Escherichia coli*; *Klebsiella aerogenes*, *Corynebacterium bovis*, *Pseudomonas* sps.) (Buso et al., 2011; Sena, 2019; Fernandes, 2020).

5 | PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASES

A fermentação é muito influenciada por diversas variáveis físico-químicas no meio de produção de biomoléculas. As condições de cultivo, espécie e linhagem microbiana, natureza do substrato e disponibilidade de nutrientes são fatores importantes que afetam a produção e secreção de fitases, obtida a partir da adição do fitato de sódio ao meio como fonte de fósforo inorgânico (Ries, 2010).

A produção de fitase já foi bem citada em meio líquido, ou seja, através da fermentação submersa, entretanto, tem sido reportada a utilização de resíduos agroindustriais para produção da fitase por fungos do gênero *Aspergillus* (Meta et al., 2009). Alguns estudos mostram a utilização de meios de cultivo alternativos na produção de fitases: aveia na produção de fitase por *Kodamaea ohmeri* (Liu et al., 2008), resíduos de azeitonas

na produção de fitase por *Aspergillus niger* (Vassilev et al., 2007); melação de cana na produção de fitase por *Sporotrichum thermophile* (Singh e Satyanarayana, 2006) e por *Pichia anomala* (Vohra e Satyanarayana, 2002).

As fitases geralmente apresentam-se com massa molecular entre 40 e 100 KDa e temperatura ótima de atividade entre 45° a 60°C (Pandey et al., 2001). A maioria das enzimas de plantas são desnaturadas em temperaturas superiores a 70°C, enquanto que as enzimas de origem microbiana permanecem com atividade significativa após períodos de incubação por mais de 3 horas (Konietzny e Greiner, 2002). Fitases isoladas de *A. fumigatus* (Pasamontes et al., 1997) e *S. castellii* (Segueilha et al., 1992) são relatadas como resistentes a altas temperaturas, ou seja, são termotolerantes (Ries, 2010).

Dentre as fitases, grande parte estão ativas dentro da faixa de pH 4,5 - 6,0, e podem ser classificadas de acordo com o pH ótimo de atividade enzimática, e agir em pH em torno de 5,0 (ácidas) ou de 8,0 (alcalinas). A estabilidade de fitases vegetais diminui em valores de pH abaixo de 4 ou acima de 7,5, enquanto que a maioria das fitases de origem microbiana mantém a atividade entre valores de pH abaixo de 3,0 e acima de 8,0. Essa grande diferença em seus valores de pH ótimo pode ser parcialmente ou totalmente refletida na variação da estrutura molecular ou estereo-especificidade da enzima dependendo da fonte de origem (Konietzny e Greiner, 2002).

6 | PROPRIEDADES CATALÍTICAS DAS FITASES

As fitases tem sido isoladas e caracterizadas a partir de vegetais e de diversos micro-organismos e, conforme o pH ótimo da enzima, pode-se classificar em fitases ácidas e fitases alcalinas (básicas). Devido ao ambiente ácido no Trato Gastrointestinal (TGI) dos animais não- ruminantes, existe um maior interesse em fitases com perfil ácido. As fitases são ácidas são subdivididas em 3 (três) grupos estruturalmente diferentes: as fosfatases de histidina ácida, fitases β -propeller e as fosfatases ácidas púrpuras (Lei et al., 2007).

As fitases são capazes de reconhecer o ácido fítico como substrato e coincide com as propriedades não-hidrolisantes de fosfatases não-específicas. Em geral, grande parte das enzimas pertence à família das histidinas ácida fosfatase (HAP), que é caracterizada por um sítio ativo conservado RHGXRP e um dipeptídeo cataliticamente ativo HD (Ries, 2010). Estas enzimas fosfatases raramente tem uma estrutura similar e a clivagem dos grupamentos fosfatos não é realizada pelo mesmo mecanismo. Este grupo de enzimas catalisam a hidrólise do ácido fítico em duas etapas: ataque nucleofílico da histidina do sítio ativo da enzima na ligação do fosfodiéster do ácido fítico mais fácil de ser hidrolisada e protonação do grupo restante pelo resíduo de ácido aspártico do HD (Ostanin et al, 1992).

Xiang e colaboradores (2004) determinaram por cristalografia a estrutura tridimensional da fitase produzida por *Aspergillus fumigatus*. A enzima apresenta em sua estrutura molecular um pequeno domínio α e um grande domínio α/β . O pequeno

domínio α -hélice consiste de uma estrutura α -hélice central rodeada por sete α -hélices. Em relação ao grande domínio α/β , um filamento β -sandwich forma a estrutura do núcleo, com duas longas α -hélices do lado oposto. Os resíduos de aminoácidos conservados, o motivo catalítico 58RHGARXP64, e o motivo de ligação do substrato 338 HD 339, estão localizadas entre o grande domínio α/β e o pequeno domínio α .

Vale destacar um outro grupo de fitases ácidas, as fitases β -propeller, que apresentam uma conformação tridimensional denominada β -propeller, as quais são dependentes de cálcio para a sua atividade catalítica, como pode-se citar as fitases produzidas por *Bacillus subtilis* e *B. amyloliquefaciens*. Estas fitases apresentam dois sítios de ligação com o substrato, e a hidrólise é realizada no próprio sítio catalítico (Monteiro, 2011).

As fosfatases ácidas púrpuras são fitases classificadas como metaloenzimas que possuem no seu sítio catalítico um átomo de ferro ou zinco. Tem-se exemplo de fitases deste grupo, as fitases isoladas da soja (*Glycine max*) e a fitase produzida por *A. niger* NRRL 3135. Este grupo de fitases apresenta menor atividade catalítica quando comparadas ao grupo das fitases histidina ácidas (Monteiro, 2011).

7 | GÊNERO *Aspergillus*

Os fungos filamentosos são constituídos, fundamentalmente, por elementos multicelulares em forma de tubo, as hifas que podem ser contínuas, não-septadas ou cenocíticas e septadas, e ainda podem conter esporos. Ao conjunto de hifas dá-se o nome de micélio. O micélio que se desenvolve no interior do substrato, funcionando também como elemento de sustentação e de absorção de nutrientes, é chamado micélio vegetativo. O micélio que se projeta na superfície e cresce acima do meio de cultivo é o micélio aéreo, onde forma-se as estruturas reprodutoras (Trabulsi et al., 1999).

Os fungos filamentosos podem colonizar uma grande variedade de ambientes, seja como saprófitos de vegetais ou animais, atuando como parasitos em tecidos vivos, produtos de madeiras, papel e solos de composição diversa. Algumas enzimas secretadas por fungos são de grande importância comercial, principalmente na área alimentícia, como proteases ácidas, lipases, nucleases, carboidratases, sendo poucas as enzimas intracelulares de importância. O gênero *Aspergillus* tem se sobressaído como o mais destacado em produção comercial de enzimas (Novaki, 2009).

Pertencente ao filo Ascomycota, o gênero *Aspergillus* é de grande importância para a indústria e medicina. Este gênero possui aproximadamente 250 espécies e distribuição cosmopolita, com a possibilidade de se obter isolados em ar, solo ou água (Klich, 2007; Hedayat et al., 2007). Industrialmente o gênero tem sido descrito como produtores de enzimas, fármacos, antibióticos e na fermentação industrial de alimentos, sendo descrito em literatura como produtor de diversas enzimas, das quais podemos destacar a α -amilase, celulases, xilanases, fitases, lipases e β -glicosidases (Dedavid e Silva, 2008).

Os fungos do gênero *Aspergillus* são muito utilizados na produção enzimática por aproximadamente de 200 espécies, comumente isolados do solo e de vegetais em decomposição (Guimarães et al., 2010). Dentre as espécies mais conhecidas encontram-se o *A. flavus*, *A. niger*, *A. awamori*, *A. oryzae*, *A. nidulans*, *A. fumigatus*, *A. clavatus*, *A. glaucus*, *A. ustus* e *A. versicolor* (Slivinski, 2007).

8 | CONCLUSÃO

Diante do exposto neste artigo de revisão, é possível considerar os fungos *Aspergillus* como organismo promissor para a produção de fitase microbiana, com características bioquímicas desejáveis para a utilização na alimentação de animais não-ruminantes, diminuindo assim a excreção de fósforo fecal e a inclusão de fósforo inorgânico dietético.

REFERÊNCIAS

- LIGEIRO, E.C. **Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus Jaboticabal, Jaboticabal São Paulo, 2007. Disponível em: <http://jvali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/download/pgtrabs/zoo/m/3043.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2023.
- COSTA, F.G.P.; QUIRINO, B.J.S.; GIVISIEZ, P.E.N.; SILVA, J.H.V.; ALMEIDA, H.H.S.; COSTA, J.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; GOULART, C.C. **Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração Layers fed with different levels of energy and soybean oil in feed**. Arch. zootec., v.58, n.223, 2009.
- PAULA, E.F.E., CHEN, R.F.F. & MAIA, F.P. **Enzimas exógenas na nutrição de animais monogástricos**. PUBVET, Londrina, v. 3, n. 14, Art#561, Abr3, 2009. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/material/Paula561wf.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.
- JATUWONG, K; SUWANNARACH, N; KUMLA, J; PENKHRUE, W; KAKUMYAN, P; LUMYONG, S. **Bioprocess for Production, Characteristics, and Biotechnological Applications of Fungal Phytases**. Frontiers in Microbiology. 11:188, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00188>.
- DERSJANT-LI, Y; AWATI, A; SCHULZE, H; PARTRIDGE, G. **Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors**. J. Sci. Food Agric. 95, 878–896, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6998>.
- NASCIMENTO, J.C.S. **Produção, Purificação e Caracterização Parcial da Fitase Extracelular Produzida por *Aspergillus niger* var. *phoenicis* URM 4924 e sua Atividade Hidrolítica e Antiproteolítica in vitro em Rações Comerciais de Aves e Suínos**. Tese (Doutor em Biociência Animal) Programa de Pós-graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – Pernambuco, 2015. Disponível em: http://www.pgba.ufrpe.br/sites/ww4.pgba.ufrpe.br/files/documentos/nascimento_jcs_tese_de_doutorado.pdf. Acessado em: 23 nov. 2022.

NAVES, L.P.; RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; LIMA, E.M.C.; TEIXEIRA, L.V.; ALVARENGA, R.R.; NARDELLI, N.B.S.; OLIVEIRA, D.H.; OLIVEIRA, M.H. **Redução de fósforo em dietas para frangos com base em valores de equivalência da fitase.** *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 49, n.1, p.71-77, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100010>.

HUMER, E; SCHWARZ, C. & SCHEDULE, K. **Phytate in pig and poultry nutrition.** Review Article. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 605 – 625. 2014. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12258>

YI, Z.; KORNEGAY, E. T. **Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs.** *Animal Feed Science and Technology* v.61, ed. 1 – 4, p. 361–368, setembro de 1996. Doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00959-5](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00959-5)

CORRELL, D. L. **The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review.** *Journal of Environmental Quality* 27, 261–266. 1998. Doi: <https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x>

SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. **Eutrophication: impacts of excesso nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems.** *Environmental Pollution* n. 100, Ed. 1 – 3, p. 179–196. 1999. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00091-3).

SENA, T. L. **Superdosing de diferentes fitases sobre o desempenho, qualidade óssea e bem-estar de frangos de reposição leves.** Dissertação (Mestre em Zootecnia), Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, Ceará, Brasil, 2019. Disponível em: http://www.uvanet.br/mestrazoo/documentos/dissertacao_9a51b1ca9bcfe00700a181ac9920ee86.pdf. Acessado em: 24 nov. 2022.

PARIZIO, F.A.S. **Utilização de protease em dietas de codornas de corte.** Dissertação (Mestre em Zootecnia), programa de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo – Alagoas, 2014. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/6449/1/Utiliza%20c3%a7%20a3o%20de%20protease%20em%20dietas%20de%20codornas%20de%20corte.pdf>. Acessado em: 20 out. 2022.

LIMA, H. J. D. **Uso da enzima fitase em ração para codornas japonesas em postura.** 2008. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5577/1/texto%20completo.pdf>. Acessado em: 23 nov. 2022.

FRY, R. M.; ALLRED, J. B.; JENSEN, L. S. E McGENNIS, J. **Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains of poultry.** *Poultry Science*, v.37, Ed. 3, p.372-376, 1958. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0370372>

CAMPESTRINI, E., SILVA, V.T.M., APPELT, M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal.** *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, n.6, p.254-267, 2005.

SORIO, A., BRAGA, F., LIMA, F., MAIA, G., RASI, L., DALLONDER, L.O. **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado a implantação do parquet produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção.** Méritos Editora, 2011.

SILVA, L.M., GERALDO, A., VIEIRA FILHO, J.A. **Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas.** *Acta Scientiarum*, v.34, n.3, p.253- 258, 2012.

LIU, D., GUO, Y., WANG, Z., YUAN, J. **Exogenous lysozyme influences *Clostridium perfringens* colonization and intestinal barrier function in broiler chickens.** Avian Pathology, v. 39, n. 1, p. 17-24, 2010.

HENN, J.D. **Aditivos Enzimáticos em dietas de suínos e aves.** In: **Bioquímica do tecido animal.** Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/bioquimica>. Acessado em: 12/12/2014.

Kumar, S.; Anand, R. **Effect of Germination and Temperature on Phytic Acid Content of Cereals.** International Journal of Research in Agricultural Sciences, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2021.

YIN, Q.Q., ZHENG, Q.H., KANG, X.T. **Biochemical characteristics of phytases from fungi and the transformed microorganism.** Animal Feed Science and Technology, v.132, p.341-350, 2007.

BENEVIDES, M.V.S., SOUZA, R.D.B, LOPES, M.V. **Fatores antinutricionais em alimentos:** Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v.18, n. 2, p. 67-79, 2011.

NAGASHIRO, C. **Enzimas na nutrição de aves.** In: CONFERENCIA APINCO, 2007, Santos, SP. Anais. Santos, FACTA, 2007. p.307-327.

LEAL, A.S., GONÇALVES, C.G., VIEIRA, I.F.R., CUNHA, M.R.R., GOMES, T.C.B., MARQUES, F.R. **Avaliação da concentração de minerais e dos fatores antinutricionais fitato e oxalato em multimisturas da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG.** Rev Soc Bras Alim Nutr. v. 35, n. 2, p. 39-52, 2010.

Suzuki, U; Yoshimura, K; Takaishi, M. **Ueber ein Enzym “Phytase” das “Anhydro-oxy-methylen diphosphorsäure” Spaltet.** Tokyo Imper. Univ. Coll. Agric. Bull. v. 7, p. 503–512, 1907. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/14509490>. Acesso em: 2 jan. 2023.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V. **Microbial phytase in poultry nutrition.** Anim. Feed Sci. Tech.135: 1-41, 2006.

ENGELEN, A.J., HEEFT, VAN DER., RANSDORP, H.G.P., SMIT, L.C.E. **Simple and rapid determination of phytase activity.** J. AOAC Int., v.77, p.760-764, 1994.

PANDEY, A., SZKACKS, G., SOCCOL, C.R., RODRIGUEZ-LEON, J.A, SOCCOL VT. **Production, purification and properties of microbial phytases.** Bioresource Technol. v. 77, p. 203-214, 2001.

KONIETZNY, U., GREINER, R. **Molecular and catalytic properties of phytate- degrading enzymes (phytases).** Int. J. Food Sci. Tech. v. 37, p. 791-812, 2002.

VATS, P., & BANERJEE, U.C. **Catalytic characterization of phytase (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolase) from *Aspergillus niger* van Teighem: Glycosylation pattern, kinetics and molecular properties.** Enz. Microb. Technol., v.39, p.596-600, 2006.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V. **Microbial phytase in poultry nutrition.** Anim. Feed Sci. Tech.v. 135, p. 1-41, 2006.

DASGUPTA, S., DASGUPTA, D., SEM, M., BISWAS, B.B. **Interaction of myo-inositoltriphosphate-phytase complex with the intracellular Ca²⁺ mobilization in plants.** *Biochemistry*, v.35, p.4994-5001, 1996.

RIES, E.F. **Estudo da produção, caracterização e aplicação de nova fitase de *Saccharomyces cerevisiae*.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

Yao, M. Z; Zhang, Y. H; Lu, W. L; Hu, M. Q; Wang, W; Liang, A. H. **Phytases: crystal structures, protein engineering and potential biotechnological applications.** *J. Appl. Microbiol.* v. 112, p. 1–14, 2011. Doi: 10.1111/j.1365-2672.2011.05181.x.

BHAVSAR, K AND KHIRE, J.M. **Current research and future perspectives of phytase bioprocessing.** *Royal Society of Chemistry Adv.* 4, 26677–26691, 2014.

BUSO, W.H.D., MORGADO, H.S. E MACHADO, A.S. **Fitase na alimentação de frangos de corte.** *Pubvet, Londrina*, v. 5, n. 36, ed. 183, Art. 1232, 2011.

FERNANDES, M.O. **Superdose de fitase, diferentes pH de água e dois sistemas de aviários sobre a eficiência produtiva de frangos de corte.** Tese (Doutor em Zootecnia) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Brasil, 2020.

META, A., NAKATAKE, H., IMAMURA, T., NOZAKI, C., SUGIMURA, K. **High yield production and characterization of biologically active recombinant aprotinin expressed in *Saccharomyces cerevisiae*.** *Protein Expres. Purif.*, v.66, p.22-27, 2009.

Liu, N. et al. **Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets.** *Poultry Science*, v. 87, n. 6, p. 1105–1111, 2008.

VASSILEV, N., VASSILEVA, M., BRAVO, V., FERNANDEZ-SERRANO, M., NIKOLAEVA, I. **Simultaneous phytase production and rock phosphate solubilization by *Aspergillus niger* grown on dry olive wastes.** *Ind. Crop. Prod.*, v.26, p.332-336, 2007.

Singh, B., Satyanarayana, T. **Phytase production by thermophilic mold *Sporotrichum thermophile* in solid-state fermentation and its application in dephytinization of sesame oil cake.** *Appl Biochem Biotechnol.* v. 133, p. 239–250, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1385/ABAB:133:3:239>

VOHRA, A., SATYANARAYANA, T. **Phytase production by the yeast *Pichia anomala*.** *Biotechnol. Lett.*, v.13, p.551-554, 2002.

PANDEY, A., SZKACKS, G., SOCCOL, C.R., RODRIGUEZ-LEON, J.A, SOCCOL VT. **Production, purification and properties of microbial phytases.** *Bioresource Technol.* v. 77, p. 203-214, 2001.

PASAMONTES, L., HAIKER, M., WYSS, M., TESSIER, M., LOON, A.P.G.M. **Gene cloning, purification, and characterization of a heat-stable phytase from the fungus *Aspergillus fumigatus*.** *Appl. Environ. Microb.*, v.63, p.1696-1700, 1997.

SEGUEILHA, L., LAMBRECHTS, C., BOZE, H., MOULIN, G., GALZY, P. **Purification and properties of the phytase from *Schwanniomyces castelli*.** *J. Ferment. Bioeng.* v.74, p. 7-11, 1992.

LEI, X. G., PORRES, J. M., MULLANEY, E. J., BRINCH-PEDERSEN, H. **Phytase source, structure and applications**, In: **Industrial enzymes**. Structure, Function and Applications, Polaina, J., MacCabe, A. P., Eds, pp. 505-529, Springer, ISBN -78-1- 4020-5376-4, Dordrecht, The Netherlands, 2007.

OSTANIN, K., HARMS, E.H., STEVIS, P.E., ZHOU, M., VAN ETTEN, R.L. **Overexpression, site-directed mutagenesis and mechanism of Escherichia coli acid phosphatase**. J. Biol. Chem., v. 267, p. 22830-22836, 1992.

XIANG, T., LIU, Q., DEACON, A.M., KOSHY, M.K., LEI, X.G., HAO, Q., THIEL, D.J. **Crystal structure of a heat-resilient phytase from Aspergillus fumigatus, carrying a phosphorylated histidine**. J. Mol. Biol. v. 339, p. 437-445, 2004.

MONTEIRO, P.S. **Produção e Caracterização Bioquímica de Fitases de Rhizopus stolonifer e Aspergillus niger UFV-1 e suas aplicações em ração animal**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

TRABULSI, L.R., ALTERTHUM, F., GOMPERTZ, O. F., CANDEIAS, J.R. **Microbiologia**, 3ed. São Paulo: Atheneu, 1999.

NOVAKI, L. **Produção, purificação e caracterização parcial da invertase obtida por fermentação em estado sólido de soja com Aspergillus caseiellus**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharia e Ciências Exatas, Paraná, 2009.

KLICH, M.A. **Aspergillus flavus: the major producer of aflatoxin**. Mol. Plant Pathol. v. 8, p. 713-722, 2007.

HEDAYATE, M.T., PASQUALOTTO, A.C., WARN, P.A., BOWYER, P., DENNING, D.W. **Aspergillus flavus: human pathogen, allergen and mycotoxin producer**. Microbiology v. 153, p. 1677-1692, 2007.

DEDAVID, E., SILVA, L.A. **Produção, caracterização de enzimas celulásicas por Aspergillus phoenicis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

GUIMARÃES, I.C., SOUZA, A.R.M., CORNÁLIO, V.M.O., PEREIRA, J., VILLELA, V.A. **Identificação de Aspergillus spp. toxigênico em arroz**. Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos v. 30, n. 1, p. 60-62, 2010.

SLIVINSKI, C.T. **Produção, purificação parcial e caracterização bioquímica de glucoamilase de Aspergillus niger obtida por fermentação em estado sólido**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 128p., 2007.

CAPÍTULO 3

MECANISMOS HOMEOSTÁTICOS E HOMEORRÉTICOS DECORRENTES DA ACLIMATIZAÇÃO SAZONAL EM BOVINOS LEITEIROS DE DIFERENTE CAPACIDADE PRODUTIVA

Data de submissão: 09/01/2023

Data de aceite: 01/02/2023

Flávio Daniel Gomes da Silva

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade - Universidade de Évora, Évora, Portugal; CECAV – Centro de Ciência Animal e Veterinária & AL4AnimalS - Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

Liliana Margarida Sargento Cachucho

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Catarina Fernandes Marques de Matos

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Ana Carina Alves Pereira de Mira Geraldo

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Cristina Maria dos Santos Conceição

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Elsa Cristina Carona de Sousa Lamy

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Fernando Manuel Salvado Capela e Silva

MED - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Departamento de Ciências Médicas e da Saúde, Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Paulo Infante

Centro de Investigação em Matemática e Aplicações, Departamento de Matemática, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Este capítulo é baseado no artigo original “Variações fisiológicas face à aclimação sazonal – Estudo em vacas leiteiras com diferente potencial Leiteiro”, publicado na edição especial da Revista Portuguesa de Zootecnia: XX ZOOTEC – 20º Congresso Nacional de Zootecnia, Ano III, Nº1 – 2018, Portugal.

RESUMO: O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a resposta fisiológica de bovinos leiteiros, de raça Holstein-Frísia, com diferente potencial para a produção de leite, em duas fases de aclimação sazonal. Utilizando a produção de leite corrigida para os 305 dias de lactação, foram selecionadas 6 vacas múltiparas, com uma produção de leite inferior a 9000 kg (BP) e 7 vacas múltiparas, com produção de leite superior a 9000 kg (AP). Os animais foram acompanhados em dois períodos durante 5 dias (P1: animais aclimatados às condições de Verão submetidos a temperaturas que indiciam stress térmico; P2: animais aclimatados às condições de inverno submetidos a temperaturas dentro da faixa de termoneutralidade). Mediu-se a temperatura de globo negro (TGN), à sombra e ao sol, a frequência respiratória (FR), a taxa de sudação (TS) e a temperatura retal (TR) em ambos os períodos. Diariamente registou-se as produções de leite de cada vaca e recolheu-se amostras de leite para a determinação da sua composição química e células somáticas. Em cada período foi recolhida uma amostra de sangue para a determinação de parâmetros bioquímicos e da triiodotironina (T_3). Observou-se a influência do fator período na TGN, FR, TS, TR, na composição leiteira, nos parâmetros hematológicos e no metabolismo (T_3). Foram observados valores superiores de ureia do leite e valores inferiores de T_3 nas AP durante o P1. Estes resultados mostraram que vacas com diferente potencial leiteiro apresentaram uma resposta ao calor semelhante, no entanto, com a aclimação as AP demonstraram modificações fisiológicas mais pronunciadas, com uma redução da taxa metabólica e com alterações no metabolismo do azoto.-

PALAVRAS-CHAVE: Aclimação; stresse térmico; vacas leiteiras, Holstein-Frísia.

HOMEOSTATIC AND HOMEORHETIC MECHANISMS IN DAIRY COWS WITH DIFFERENT LEVELS OF MILK PRODUCTION IN RESPONSE TO THE SEASONAL ACCLIMATISATION

ABSTRACT: The aim of this study was to compare the physiological responses of dairy cows, Holstein-Frisian breed, with different milk yield potential regarding the seasonal acclimatisation process. Using milk production values adjusted to 305 days in milk, 6 and 7 multiparous cows with a milk yield lower than 9000 kg (BP) and equal or higher than 9000 kg (AP), respectively, were selected. All cows were evaluated during 5 days in summer

(P1: heat stress) and winter (P2: thermoneutrality). Black globe temperature (BGT) at sun and shade, respiratory frequency (RF), sweat rate (SR) and rectal temperature (RT) were measured daily. Milk yield was recorded daily, and samples were taken for milk chemistry and somatic cell count determination. In each period a blood sample was taken from every cow for hematologic analysis and triiodothyronine (T_3) determination. Period affected BGT, RF, SR, RT, milk composition, haematological parameters, and metabolism (T3). AP had increased milk urea levels and decreased T_3 levels in P1 when compared to BP. These results showed that although AP and BP cows had similar first responses to heat (RF and RT), with the acclimatisation process, AP showed higher physiological modifications, decreasing the metabolism, and changing nitrogen pathways.

KEYWORDS: Acclimatisation, heat stress, dairy cows, Holstein-Frisian.

1 | INTRODUÇÃO

Está previsto para as próximas décadas um aumento na população mundial, assim como na procura por produtos de origem animal (WANKAR et al., 2021). Por outro lado, o aumento de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, temperaturas extremas ou períodos com precipitação intensa e prolongada têm efeitos nos sistemas de produção animal (AVENDAÑO-REYES, 2012). O aumento da temperatura à superfície terrestre associado às alterações climáticas é inevitável, sendo sabido que temperaturas elevadas afetam o bem-estar e o desempenho produtivo dos animais, pois provocam alterações nas suas funções biológicas, como a diminuição na ingestão de matéria seca, na eficiência de utilização dos nutrientes e alterações metabólicas e hormonais (MARAI et al., 2007). Estas alterações são mais notórias nos animais mais sensíveis (PEREIRA et al., 2020), como é o caso de vacas de alta produção (WANKAR et al., 2021), cuja evolução genética incidiu na produção leiteira, com inerentes défices de adaptabilidade ao meio ambiente. Nos climas mediterrâneos e tropicais, a principal preocupação é com o stresse térmico por calor, especialmente nos bovinos de raça Holstein-Frisia, uma vez que são menos tolerantes a temperaturas ambientais elevadas (PEREIRA et al., 2008). O stresse térmico por calor ocorre quando a termogénese é superior à termólise, perturbando o balanço térmico do animal, ou seja, a quantidade de calor produzida (metabolismo) e adquirida (permuta com o ambiente) é superior à quantidade de calor cedida ao ambiente. Com o objetivo de restabelecer a homeotermia, o animal induz uma resposta comportamental e fisiológica (BERNABUCCI et al., 2010). Esta resposta é composta por mecanismos homeostáticos, como a aumento da frequência respiratória, da taxa de sudação e da ingestão de água, assim como a diminuição da ingestão alimentar e da frequência cardíaca. Estes mecanismos constituem a primeira resposta ao aumento da temperatura nuclear do animal (normalmente observado através da medição da temperatura retal) – stresse térmico agudo. Além da resposta comportamental, como por exemplo, a procura por sombra, o primeiro mecanismo homeostático que ocorre é a vasodilatação dos vasos sanguíneos periféricos e a vasoconstrição dos vasos sanguíneos internos, de modo a redirecionar o

sangue para a periferia onde o calor será perdido através de processos de convecção e radiação (PEREIRA, 2004). A este processo está inerentemente associado o aumento da temperatura da pele. Quando a perda de calor pela via sensível não é suficiente para manter a eutermia, desencadeiam-se processos que visam a perda de calor pela via latente, tais como o aumento da taxa de sudorese e da frequência respiratória (polipneia térmica). É importante referir que estes processos necessitam de energia para ocorrer, contribuindo para o aumento da produção de calor, mas que dependendo da eficiência desta resposta e da duração das condições ambientais desfavoráveis, são vitais para a sobrevivência do animal. Na presença de stresse térmico prolongado, os animais homeotérmicos tendem a aclimatam-se por forma a reajustarem o seu organismo para a menor aquisição e maior perda de calor (HOROWITZ, 2001), com adjacentes efeitos negativos na produtividade do animal. A aclimatização ocorre, por exemplo, com a mudança das estações, especialmente nas que apresentam alterações térmicas mais acentuadas, como o caso do Inverno e do Verão nos climas mediterrâneos. A aclimatização ocorre num período entre dias a semanas e acarreta alterações funcionais e/ou estruturais no animal, em resposta a um conjunto de fatores climáticos, com o objetivo de ultrapassar os desafios impostos pelo ambiente e conduzir o animal para um novo estado. Este processo é desencadeado por mecanismos homeorréticos, com alterações morfológicas, hormonais e metabólicas (BERNABUCCI *et al.*, 2010). A aclimatização pode assim provocar alterações tanto ao nível do metabolismo lipídico e azotado como ao nível celular (HOROWITZ, 2001; BERNABUCCI *et al.*, 2010).

Desta forma, torna-se cada vez mais importante elevar a eficiência produtiva dos setores pecuários, sendo essencial estudar o processo de aclimatização sazonal nos animais de elevada produtividade, ou seja, a forma como estes animais respondem às variações da temperatura, de modo a otimizar as condições de produção ou a reorganizar a estratégia de melhoramento animal. Grande parte dos estudos em vacas leiteiras foca-se nos efeitos do stresse térmico por calor, no entanto, o processo de aclimatização encontra-se ainda pouco estudado (YADAV *et al.*, 2019), apesar da sua grande importância na adaptabilidade às variações ambientais. Vacas leiteiras de elevada produção leiteira têm inerente uma produção de calor metabólico superior a vacas de menor produção e a vacas secas (PURWANTO *et al.*, 1990). Assim, estes animais necessitam de mecanismos de dissipação de calor mais eficientes, de modo a manter a homeostase (SCHMIDT-NIELSEN, 1997). Atualmente, a eficiência destes mecanismos e o seu resultado no estado fisiológico em vacas com diferente potencial leiteiro não é inteiramente compreendido.

Com este estudo pretendeu-se avaliar e comparar a resposta fisiológica de bovinos leiteiros com diferente potencial para a produção de leite em função da aclimação sazonal e dos mecanismos primários de dissipação de calor.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Animais e condições experimentais

O ensaio decorreu numa exploração de bovinos leiteiros do Alentejo, região situada no centro-sul de Portugal. O clima do Alentejo é tipicamente mediterrânico, ainda que haja também alguma influência atlântica, com uma acentuada sazonalidade climática. Os invernos são chuvosos e frios, os verões muito secos e quentes, registando-se, na primavera e no outono, temperaturas amenas e amplitudes térmicas moderadas. Na verdade, os meses de Verão do clima mediterrânico apresentam semelhanças com os climas semiáridos, com presença de chuva praticamente nula, baixa humidade relativa e dias claro com intensa radiação solar (PEREIRA, 2004). Os meses mais frios são Dezembro e Janeiro, e os mais quentes, Julho e Agosto, neste caso com temperaturas acima dos 40°, e com amplitudes térmicas muito acentuadas, por vezes da ordem dos 15-20° (FEIO, 1991; BOLLE, 2003).

O ensaio decorreu entre agosto de 2014 a fevereiro de 2015, dividido em dois períodos durante 5 dias cada: P1 - animais aclimatados às condições de Verão submetidos a temperaturas que indiciam stress térmico; P2 - animais aclimatados às condições de inverno submetidos a temperaturas que indiciam termoneutralidade. O estábulo, num sistema de *free stall*, conferia sombra permanente aos animais em lactação e possuía um sistema manual de arrefecimento na parte superior da cobertura do pavilhão através de aspersão de água no topo do mesmo.

De um grupo de 150 fêmeas de raça Holstein-Frísia, foram selecionadas 13 vacas multíparas [6 de baixa (BP) e 7 de alta (AP) produção leiteira; BP < 9000 kg ≤ AP], com base nas lactações corrigidas aos 305 dias, e de acordo com critérios de homogeneidade entre grupos, nomeadamente: idade, número de lactações e dias de lactação. As AP (P1: 40,81±4,41 e P2: 29,98±5,88 kg) tiveram uma produção de leite significativamente superior às BP (P1: 34,62±5,92 e P2: 24,52±3,08 kg), validando a hipótese de estudo nos dois períodos analisados (P = 0,0013). No P2 três vacas (2 do grupo das BP e 1 das AP) entraram no período seco, não sendo possível a recolha de dados desses animais.

Os animais foram alimentados todos com a mesma dieta ao longo do estudo (*TMR* composto por palha, silagem de milho, silagem de erva e por um alimento composto complementar).

Recolha de dados e amostras e análises laboratoriais

Em ambos o período registou-se a temperatura de globo negro (TGN), ao sol e à sombra, às 08:00, 13:00 e às 18:00 horas, e foram realizadas medições de frequência respiratória (FR; contagem do número de movimentos do flanco durante 1 minuto), taxa de sudação (TS) e temperatura da pele (Tp; Vapometer, Delfin Technologies, Finlândia, apenas às 13:00h – Figura 1) e de temperatura retal (TR; termómetro clínico digital) de todos os animais nos mesmos períodos. De cada animal foram removidos os pelos numa

secção imediatamente atrás da escápula para se efetuar as medições da Tp e TS. Nos dois períodos de estudo, a produção de leite diária foi registrada e efetuaram-se colheitas de amostras na ordenha da manhã e da tarde, para determinação dos teores em lactose, proteína, gordura, ureia, β -hidroxibutirato (BHB) e contagem de células somáticas (CCS; Fossomatic™ FC). Os parâmetros químicos foram medidos pelo método automático de infravermelho - FTIR (Milkoscan FT6000, Foss Electric, Hillerød, Dinamarca). Em cada período foram recolhidas amostras de sangue por venopunção da veia coccígea (Figura 1), para quantificação do hematócrito (Ht), hemoglobina (Hb), contagem do número total de leucócitos (Leu), contagem diferencial de leucócitos e para determinação da concentração da hormona triiodotironina (T_3).

Análise estatística

Os dados da composição do leite (média entre a ordenha da manhã e da tarde), dos parâmetros hematológicos e da T_3 foram analisados com um modelo linear misto com o Período (P1, P2) e o Nível de Produção (AP, BP) como fatores fixos e com o Animal como fator aleatório. Neste modelo foram incluídos os dias de lactação, representados pela covariável DIM de forma a testar se as diferenças entre períodos foram influenciadas pela fase da lactação. A TR e a FR foram analisadas de acordo com um modelo linear, com Período (P1, P2) e o Nível de Produção (AP, BP) como fatores fixos e com o Animal como fator aleatório.



Figura 1. Medição da taxa de sudação e temperatura da pele (lado esquerdo) e colheita sanguínea da veia coccígea por venopunção (lado direito).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura de globo negro (TGN)

A TGN ao sol foi significativamente superior à TGN à sombra no P1 e no P2 e ambas significativamente superiores no P1 (Figura 3). No P1, a TGN ao sol atingiu valores médios de $35,71 \pm 4,61^\circ\text{C}$ (mínimo de $21,50^\circ\text{C}$ e máximo de $53,00^\circ\text{C}$) e de $23,88 \pm 2,05^\circ\text{C}$

à sombra (mínima de 17,00°C e máxima de 30,25°C), tendo-se verificado uma temperatura média mais elevada na medição das 13:00h (Tabela 1). No P2 a TGN média ao sol foi de 14,21±9,16°C ao sol (mínima de 6,00°C e máxima de 35,75°C) e de 6,15±2,42°C à sombra (mínima de 1,50°C e máxima de 9,75°C). A diferença de 11,83°C entre a TGN ao sol e à sombra no P1, reflete a grande influência da sombra na redução da carga térmica radiante e no bem-estar dos animais, uma vez que a temperatura crítica superior dos bovinos leiteiros tende a variar entre os 25-26°C (BERMAN et al., 1985). No P2 é de notar a grande variação térmica existente na TGN ao sol que pode permitir ao animal armazenar calor nas horas mais quentes do dia. No entanto, os valores obtidos no P1 não se encontram fora do limite crítico inferior para bovinos leiteiros, que será entre os -5 e os -0,5°C (WEST, 2003; AVENDAÑO-REYES, 2012), não se verificando assim condições para a existência de stresse térmico por frio. Neste estudo, os animais encontravam-se permanentemente estabeulados, pelo que os valores de TGN à sombra serão mais representativos da sensação térmica sentida pelos animais. O arrefecimento da cobertura do pavilhão por aspersão de água poderá também ter atenuado o aumento da temperatura no interior do estábulo durante o P1.

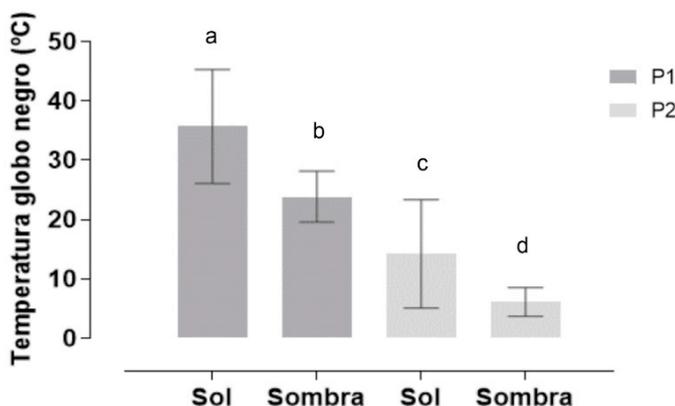


Figura 3. Valores da temperatura de globo negro registada ao sol e à sombra, em P1 e P2 (média e erro padrão). As letras significam as diferenças significativas observadas ($P < 0,05$).

| Período | P1 | | | P2 | | |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 08:00 | 13:00 | 18:00 | 08:00 | 13:00 | 18:00 |
| TGN sol | 28,69±5,6 ^{aA} | 45,19±9,69 ^{aA} | 33,25±4,53 ^{aA} | 10,81±3,88 ^{aB} | 23,19±11,16 ^{aB} | 8,63±1,83 ^{aB} |
| TGN sombra | 19,06±1,78 ^{bA} | 26,94±2,76 ^{bA} | 26,94±2,76 ^{bA} | 4,25±2,40 ^{bB} | 8,25±1,59 ^{bB} | 5,94±1,59 ^{bB} |

Tabela 1. Valores da temperatura de globo negro (TGN) registada ao sol e à sombra, em P1 e P2 (média e erro padrão) nas medições das 08:00, 13:00 e 18:00 horas. Índices superiores minúsculos diferentes indicam diferenças significativas entre TGN ao sol e à sombra dentro de cada período; Índices superiores maiúsculos diferentes indicam diferenças significativas entre P1 e P2 para cada hora ($P < 0,05$).

Mecanismos primários de resposta ao calor

Os valores obtidos da FR, TS, Tp e TR no P1 e P2 se encontram na Tabela 2. A FR (P1 - AP: 63,95±12,35 e BP: 64,34±13,67 movimentos/min.; P2 - AP: 36,67±7,16 e BP: 35,33±8,00 movimentos/min), a TS (P1 - AP: 77,70±48,90 e BP: 75,86±45,02 g/m²/h; P2 - AP: 25,35±7,85 e BP: 23,71±6,49 g/m²/h), a Tp (P1 - AP 29,18±1,22 e BP: 25,35±7,85 °C; P2 - AP: 16,71±1,52 e BP: 16,31±1,08 °C) e a TR (P1 - AP: 38,87±0,72 e BP: 38,76±0,63 °C; P2 - AP: 38,87±0,72 e BP: 38,76±0,63°C) foram significativamente superiores no P1, comparativamente ao P2 (P <0,0001; Figuras 4, 5 e 6). Não foram registadas diferenças significativas entre as AP e as BP em nenhum dos períodos. No P1, nas medições realizadas nas horas de TGN mais elevada (13:00 e 18:00h) foram registados, em ambos os grupos, valores de FR superiores a 60 movimentos por minuto, que indiciam um esforço fisiológico para perder calor evaporativo e assim a presença de stresse térmico (GARCIA et al., 2015). Apesar dos valores médios de TR apresentarem acréscimos moderados, foram registados, nas AP, valores individuais superiores a 39,2 °C, que indicam moderados armazenamentos de calor (GARCIA et al., 2015). As perdas de calor latente, via polipneia e sudação terão contribuído para limitar a tendência para a hipertermia, possibilitando maior estabilidade da TR. Outra situação que pode ter atenuado a acumulação de calor foi o facto de durante as noites as temperaturas se terem mantido abaixo dos 24°C, permitindo uma recuperação eficiente do calor armazenado durante este período (PEREIRA et al., 2020).

| Período | | P1 | | | P2 | | |
|---------|-------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Hora | 08:00 | 13:00 | 18:00 | 08:00 | 13:00 | 18:00 | |
| AP | FR | 54,57±7,87 | 68,86±13,30 | 68,43±9,64 | 36,00±7,73 | 36,33±5,65 | 37,67±10,21 |
| | TS | | 77,70±48,90 | | | 25,35±7,85 | |
| | Tp | | 29,18±1,22 | | | 16,71±1,52 | |
| | TR | 38,36±0,55 | 38,91±0,48 | 39,34±0,76 | 37,95±0,53 | 38,17±0,54 | 38,19±0,65 |
| BP | FR | 53,17±8,46 | 71,48±12,32 | 68,67±11,23 | 32,75±7,33 | 35,75±5,16 | 37,50±8,25 |
| | TS | | 75,86±45,02 | | | 23,71±6,49 | |
| | Tp | | 25,35±7,85 | | | 16,31±1,08 | |
| | TR | 38,30±0,49 | 38,82±0,49 | 39,17±0,56 | 38,03±0,33 | 37,84±0,56 | 38,08±0,31 |

Tabela 2. Valores de frequência respiratória (FR), taxa de sudação (TS) e temperatura retal (TR), em P1 (n = 13) e P2 (n = 10; média e desvio padrão) nas medições das 08:00, 13:00 e 18:00 horas, nas vacas de alta (AP; n = 7 e n = 6 em P1 e P2, respetivamente) e baixa (BP; n = 6 e n = 4 em P1 e P2, respetivamente) produção leiteira.

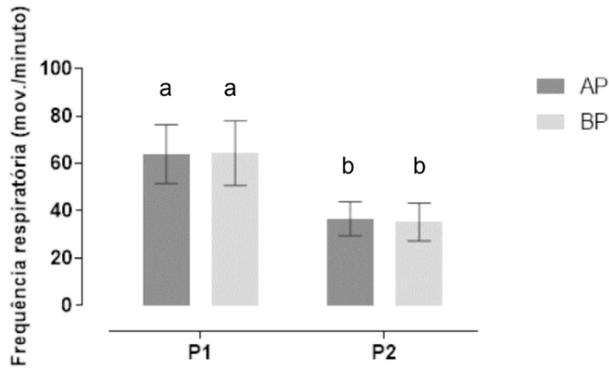


Figura 4. Valores médios de frequência respiratória (movimentos por minuto) em função do período (P1- Período 1, n = 13; P2- Período 2, n = 10) e do nível de produção (AP - Alta Produção, n = 7 e n = 6 em P1 e P2, respetivamente; BP - Baixa Produção, n = 6 e n = 4 em P1 e P2, respetivamente). Índices superiores minúsculos diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,0001$).

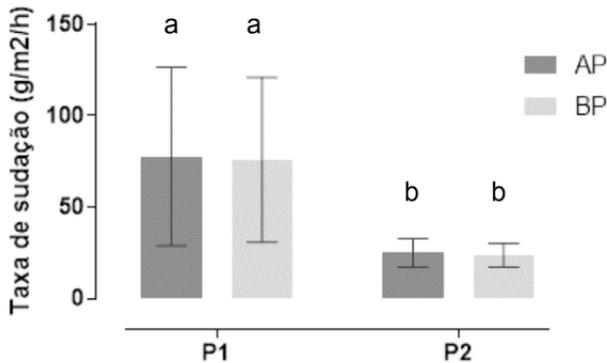


Figura 5. Valores médios de taxa de sudação (g/m2/h) em função do período (P1- Período 1, n = 13; P2- Período 2, n = 10) e do nível de produção (AP - Alta Produção, n = 7 e n = 6 em P1 e P2, respetivamente; BP - Baixa Produção, n = 6 e n = 4 em P1 e P2, respetivamente). Índices superiores minúsculos diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,0001$).

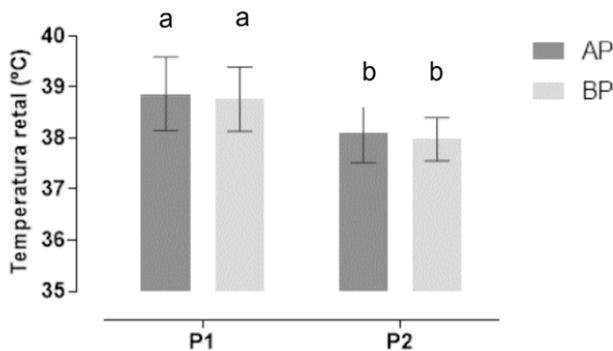


Figura 6. Valores médios de temperatura retal (°C), em função do período (P1- Período 1, n = 13; P2- Período 2, n = 10) e do nível de produção (AP - Alta Produção, n = 7 e n = 6 em P1 e P2, respetivamente; BP - Baixa Produção, n = 6 e n = 4 em P1 e P2, respetivamente). Índices superiores minúsculos diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,0001$).

Composição do leite

Os resultados referentes à composição do leite encontram-se na Tabela 3. Relativamente ao teor em lactose, proteína e gordura, ao BHB e à CCS não se verificaram diferenças significativas entre AP e BP. Porém, no P1 as AP apresentaram níveis significativamente superiores de ureia no leite, comparativamente às BP ($P = 0,0286$). Outros estudos referem também o aumento dos níveis de ureia, no leite e no sangue, em condições de stresse térmico (COWLEY et al., 2015; TIAN et al., 2015). TIAN et al. (2015), constataram em vacas a meio da lactação, que o stresse térmico tende a provocar uma repartição do azoto destinado à produção de proteínas do leite para a formação de ureia. Parece existir também um aumento da mobilização de aminoácidos do músculo esquelético e a sua metabolização em ureia, no interior das células da glândula mamária, ao invés da formação de proteína (TIAN et al. 2015), provocando assim um aumento dos valores de ureia e uma diminuição da proteína. Este mecanismo pode ocorrer objetivando colmatar a diminuição da concentração de glicose no sangue durante o stresse térmico (KOUBKOVÁ et al., 2002). De acordo com GARCIA et al. (2015), além da influência dos fatores nutricionais, a ureia pode também ser utilizada como indicador de desidratação. Em todo o caso, em nenhum destes trabalhos foi feita a distinção de vacas com diferente potencial produtivo.

No P1, os valores de proteína registados foram significativamente inferiores aos do P2 ($P < 0,0001$), os quais foram bastante inferiores aos mínimos pedidos na valorização do leite de vaca, geralmente acima dos 3,2%. Estes resultados reforçam o referido anteriormente e podem ser justificados pela menor ingestão de alimento (especialmente em vacas de alta produção), contribuindo para uma menor disponibilidade de aminoácidos para a glândula mamária (SALAMA et al., 2014). Ainda assim é importante salientar que apesar dos valores de proteína serem igualmente baixos nos dois grupos, os valores superiores de ureia foram apenas superiores nas AP. Portanto, é lícito supor que as elevadas temperaturas induzem uma alteração mais marcada no metabolismo azotado das vacas leiteiras de maior produção. Relativamente ao teor butíroso do leite, os valores obtidos no P1 foram também bastante baixos, comparativamente aos 3,70% geralmente pretendidos na indústria leiteira. É comum a diminuição deste parâmetro nos meses de Verão, ainda assim, os valores obtidos são inferiores aos registados noutros trabalhos (NORO et al., 2006; BERTOCCHI et al., 2014). Uma possível explicação passa pelo comportamento alimentar, pois animais em stresse térmico ou aclimatizados ao Verão evitam alimentos mais termogénicos, como os alimentos grosseiros, consumindo preferencialmente os alimentos mais concentrados, desencadeando uma redução do pH ruminal o que conduz a um menor teor butíroso no leite. A prolongada polipneia (elevada excreção de CO_2) conduz a um estado de alcalose respiratória, com consequente alteração do equilíbrio ácido-base (FERREIRA et al., 2009). Nestes casos, o animal produz uma resposta compensatória, com

o aumento da reabsorção de Cl^- e da excreção de bicarbonato (HCO_3^-) e diminuição da excreção de H^+ ao nível renal (GONZÁLES e SILVA, 2017). Esta situação coadjuvante com a frequente acidose láctica (clínica ou subclínica) provocada pela fermentação ruminal de hidratos de carbonos rapidamente fermentescíveis, proveniente do aumento na ingestão de alimentos concentrados e da diminuição da ingestão de alimentos fibrosos, pode conduzir a um novo estado de acidose metabólica, nos casos prolongados, contribuindo assim para uma diminuição do teor butiroso no leite. Verificaram-se ainda casos de animais com sialorreia no P1, o que contribui para a acidose metabólica e redução do pH ruminal, devido à perda de bicarbonato salivar. Verificou-se uma concentração de lactose superior no P1 em comparação com o P2 ($P=0,0002$). Porém, em condições de stresse térmico agudo é comum verificar-se uma inibição da síntese da lactose (AVENDAÑO-REYES, 2012), o que não ocorreu neste estudo em condições de stress térmico prolongado. A covariável DIM foi significativa a 10% ($P = 0,0699$), o que pode justificar os resultados obtidos nos valores da lactose, uma vez que com o decorrer da lactação, os valores de lactose diminuem, conjuntamente com a quantidade de leite produzida.

| | P1 | | P2 | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | AP | BP | AP | BP |
| Lactose (%) | 4,94±0,12 ^a | 4,95±0,17 ^a | 4,90±0,65 ^b | 4,86±0,20 ^b |
| Proteína (%) | 2,93±0,19 ^a | 3,02±0,26 ^a | 3,68±0,34 ^b | 3,71±0,24 ^b |
| Gordura (%) | 2,54±0,81 ^a | 2,50±0,70 ^a | 3,830,58 ^b | 3,74±0,95 ^b |
| BHB (mmol/L) | 0,0052±0,010 ^a | 0,0008±0,002 ^a | 0,0111±0,087 ^a | 0,0013±0,003 ^a |
| CCS (x10³/mL) | 145,25±278,81 ^a | 203,81±193,30 ^a | 75,39±33,62 ^a | 195,29±156,50 ^a |
| Ureia (mg/kg) | 293,62±35,97 ^a | 253,69±33,81 ^b | 254,21±57,94 ^b | 266,21±35,87 ^b |

Índices superiores minúsculos diferentes nas células indicam diferenças significativas ($P<0,05$) entre os fatores. BHB – β -hidroxibutirato; CCS – Contagem de Células Somáticas.

Tabela 3. Composição do leite em P1 ($n = 13$) e P2 ($n = 10$; média e desvio padrão) nas vacas de alta (AP; $n = 7$ e $n = 6$ em P1 e P2, respetivamente) e baixa (BP; $n = 6$ e $n = 4$ em P1 e P2, respetivamente) produção leiteira.

Parâmetros bioquímicos do sangue

O Ht e a Hb permitiram identificar algumas respostas fisiológicas face às variações do ambiente térmico. Observou-se uma percentagem inferior no Ht e na Hb no P1, aumentando significativamente em P2 em ambos os grupos de produção ($P < 0,0001$; Tabela 4), embora sem diferenças significativas entre AP e BP ($P < 0,05$). No P1, os valores de Ht registados encontraram-se abaixo do normal fisiológico, possivelmente devido a uma hemodiluição provocada pela sobre-ingestão de água, um comportamento adaptativo, necessário para fazer face à perda de fluídos associada à termólise latente, que foi também significativamente superior no P1 (PEREIRA et al., 2008; IKUTA et al.,

2010). Apesar dos níveis de Hb terem sido inferiores no P1, encontravam-se dentro do normal fisiológico (8-12 g/dL). Estes resultados, em conjunto com os da FR, TS e TR, sugerem que, independentemente do nível de produção, as vacas leiteiras exibem os mesmos mecanismos adaptativos, embora com diferentes magnitudes, de acordo com a produção de calor e a capacidade intrínseca de perder calor pela via evaporativa. Neste estudo não se verificaram alterações do nível dos leucócitos no sangue na presença de stresse térmico, contrariamente aos resultados de outros trabalhos (KOUBKOVÁ et al., 2002). Verificaram-se níveis leucocitários significativamente superiores no P2 em ambos os grupos ($P=0,0158$). No entanto, estas diferenças devem-se principalmente a uma leucocitose que ocorreu em duas vacas do grupo AP. Na verdade, foi detetado uma maior variação no perfil leucocitário no P2 no grupo AP, verificando-se tanto situações de leucopenia como de leucocitose. Duas vacas, diagnosticadas com mastite clínica no P2, apresentaram linfopenia, tendo sofrido concomitantemente uma quebra na produção de leite de 67%, comparativamente às restantes vacas do grupo das AP. Observou-se ainda um nível inferior de monócitos ($P=0,0434$) e um nível superior de basófilos ($P=0,0134$) no sangue durante o P1, encontrando-se, em todo o caso, dentro do intervalo de referência para a espécie (ROLAND et al., 2014).

Os valores de T_3 (ng/dL) foram significativamente superiores em P2 ($P<0,0001$). As AP apresentaram valores de T_3 significativamente inferiores ($P <0,0001$) às BP no P1 (AP-133,33±8,14; BP-152,40±11,97). Este resultado evidencia uma aclimatização mais acentuada nas AP, uma vez que as vacas de maior produtividade apresentam maior produção de calor metabólico, e conseqüentemente necessitam de diminuir mais acentuadamente a sua taxa metabólica. Os resultados estão de acordo com outros trabalhos desenvolvidos em condições de stresse térmico, onde se verifica uma redução de concentração plasmática das hormonas da tiroide (SILANIKOVE, 2000; PEREIRA, 2008). No P2, com as vacas em termoneutralidade, seria expectável observar valores de T_3 significativamente superiores nas AP, o que não ocorreu neste ensaio. É possível que a fase da lactação, com menores produções em ambos os grupos, possa ter contribuído para os resultados observados, além da influência compensatória da T_4 , e GH.

| | P1 | | P2 | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | AP | BP | AP | BP |
| Ht (%) | 22,92±9,37 ^a | 25,27±10,49 ^a | 30,80±6,34 ^b | 30,56±1,48 ^b |
| Hb (g/dL) | 9,33±0,93 ^a | 9,68±1,16 ^a | 11,04±0,71 ^b | 11,25±0,61 ^b |
| Leu (x10 ³ /μL) | 8,98±1,75 ^a | 7,70±0,83 ^a | 11,28±3,99 ^b | 9,33±1,18 ^b |
| Linfócitos | 4,60±0,62 | 4,26±0,94 | 5,00±2,63 | 4,45±0,37 |
| Monócitos | 0,15±0,05 ^a | 0,12±0,04 ^a | 0,28±0,21 ^b | 0,23±0,05 ^b |
| Neutrófilos | 3,25±1,43 | 2,40±1,26 | 3,72±1,99 | 4,00±0,85 |
| Eosinófilos | 0,73±0,29 | 0,72±0,61 | 0,87±0,67 | 0,55±0,25 |
| Basófilos | 0,23±0,18 ^a | 0,26±0,17 ^a | 0,08±0,04 ^b | 0,1±0,00 ^b |
| T ₃ (ng/dL) | 133,33±8,14 ^a | 152,40±11,97 ^b | 160,32±13,18 ^c | 186,25±13,72 ^c |

Índices superiores minúsculos diferentes nas células indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os fatores.

Tabela 4. Parâmetros hematológicos e concentrações da hormona T₃ em P1 (n = 13) e P2 (n = 10; média e desvio padrão) nas vacas de alta (AP; n = 7 e n = 6 em P1 e P2, respetivamente) e baixa (BP; n = 6 e n = 4 em P1 e P2, respetivamente) produção leiteira.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que nas condições de stress térmico do presente estudo, as vacas com maior produção (AP) desencadearam respostas termolíticas semelhantes às vacas de menor produção (BP), evidenciando uma tendência para armazenamentos de calor superiores. De modo a responder à superior produção de calor metabólica, as AP necessitariam de taxas de perda de calor superiores mais eficientes, o que não foi registado neste estudo. Nas AP, o mecanismo de adaptação inerente ao processo de aclimatização refletiu-se na maior diminuição da taxa metabólica comparativamente às BP. Constataram-se ainda alterações mais acentuadas no metabolismo azotado nas vacas AP. Em climas sazonais, o conceito de adaptabilidade das vacas leiteiras ao stress térmico por calor é menos relevante, devendo dar-se uma maior ênfase à maior plasticidade fisiológica inerente ao processo de aclimatização. Assim, este estudo salienta a importância da melhor compreensão entre a produtividade leiteira e os mecanismos de aclimatização sazonal englobando a componente, celular e endócrina.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito dos Projetos Estratégicos PEst-C/AGR/

UI0115/2011, PEst-OE/AGR/UI0115/2014 e do Programa Operacional Regional do Alentejo (InAlentejo), Operação ALENT-07-0262-FEDER-001871/ Laboratório de Biotecnologia Aplicada e Tecnologias Agro-ambientais.

REFERÊNCIAS

AVENDANO-REYES, L. Heat Stress Management for Milk Production in Arid Zones. *In: Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. London: IntechOpen, 2012. cap. 9, p. 165-184.

BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y. Upper Critical Temperatures and Forced Ventilation Effects for High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. **Journal of dairy science**, v. 68, p. 1488–1495, 1985.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167–1183, 2010.

BERTOCCHI, L.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A.; VARISCO, G.; BERNABUCCI, U. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. **Animal**, v. 8, n. 4, p. 667–674, 2014.

BOLLE, H-J. Climate, Climate Variability, and Impacts in the Mediterranean Area: An Overview. *In: Mediterranean Climate: Variability and Trends*. Berlim: Springer, 2003. cap 2, p. 5-86.

COWLEY, F. C.; BARBER, D. G.; HOULIHAN, A. V.; POPPI, D. P. Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 4, p. 2356–2368, 2015.

DÍAZ GONZÁLEZ, Félix H.; CERONI DA SILVA, Sérgio. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.

FEIO, M. **Clima e Agricultura: Exigências Climáticas das Principais Culturas e Potencialidade Agrícolas do Nosso Clima**. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação: Lisboa, Portugal, 1991; ISBN 972-9175-25-X

FERREIRA, F.; CAMPOS, W. E.; CARVALHO, A. U.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; SILVA, M. V. G. B.; VERNEQUE, R. S.; SILVA, P. F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 4, p. 769–776, 2009.

GARCIA, Alejandra Barrera; ANGELI, Natalia; MACHADO, Letícia; DE CARDOSO, Felipe Cardoso; GONZALEZ, Félix. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889–894, 2015.

HOROWITZ, Michal. Heat acclimation: Phenotypic plasticity and cues to the underlying molecular mechanisms. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4–5, p. 357–363, 2001.

IKUTA, K.; OKADA, K.; SATO, S.; YASUDA, J. Effects of heat stress on blood chemistry and hematological profiles in lactating dairy cows. **Japanese Journal of Large Animal Clinics**, v. 1, n. 4, p. 190–196, 2010.

KOUBKOVÁ, M.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; HÄRTLOVÁ, H.; FLUSSER, J.; DOLEŽAL, O. Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows. **Czech Journal of Animal Science**, v. 47, n. 8, p. 309-318, 2002.

MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M. A. M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. **Small Ruminant Research**, v. 71, n. 1–3, p. 1–12, 2007.

NORO, Giovanni; GONZÁLEZ, Félix Hilario Díaz; CAMPOS, Rómulo; DÜRR, João Walter. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1129–1135, 2006.

PEREIRA, A. **Adaptação ao Ambiente Geofísico Mediterrânico de Bovinos Nativos e Exóticos - Tolerância ao Calor**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade de Évora, 2004. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/11179>.

PEREIRA, Alfredo M. F.; BACCARI, Flávio; TITTO, Evaldo A. L.; ALMEIDA, J. A. Afons. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, n. 3, p. 199–208, 2008.

PEREIRA, Alfredo M. F.; VILELA, Reíssa A.; TITTO, Cristiane G.; LEME-DOS-SANTOS, Thays M. C.; GERALDO, Ana C. M.; BALIEIRO, Júlio C. C.; CALVIELLO, Raquel F.; BIRGEL JUNIOR, Eduardo H.; TITTO, Evaldo A. L. Thermoregulatory responses of heat acclimatized buffaloes to simulated heat waves. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 1–17, 2020.

PURWANTO, B. P.; ABO, Y.; SAKAMOTO, R.; YAMAMOTO, S.; FURUMOTO, F. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. **The Journal of Agricultural Science**, v. 114, n. 2, p. 139–142, 1990.

ROLAND, L.; DRILLICH, M.; IWERSEN, M. Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 26, n. 5, p. 592–598, 2014.

SALAMA, A.; NAYAN, N.; CONTRERAS-JODAR, A.; HAMZAOU, S.; CAJA, G. Urine metabolomics of heat-stressed dairy goats supplemented with soybean oil. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, p. 291–291, 2014.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Animal Physiology - Adaptation and environment**. 5th. ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 1997.

TIAN, He; WANG, Weiyu; ZHENG, Nan; CHENG, Jianbo; LI, Songli; ZHANG, Yangdong; WANG, Jiaqi. Identification of diagnostic biomarkers and metabolic pathway shifts of heat-stressed lactating dairy cows. **Journal of Proteomics**, v. 125, p. 17–28, 2015.

WANKAR, Alok K.; RINDHE, Sandeep N.; DOIJAD, Nandkumar S. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 2021.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 6, p. 2131–2144, 2003.

YADAV, Brijesh; SINGH, Gyanendra; WANKAR, Alok. Acclimatization dynamics to extreme heat stress in crossbred cattle. **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 4, p. 524–534, 2021.

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS CAUSADAS POR LESHMANIOSE EM SEUS RESPECTIVOS HOSPEDEIROS: REVISÃO DE LITERATURA

Data de aceite: 01/02/2023

Gilcyvan Costa de Sousa

Graduando em Ciências Biológicas pela
Universidade Federal

Alécio Matos Pereira

Doutor em Ciência Animal e docente na
Universidade Federal do Maranhão

Brainerd Gomes dos Santos

Graduando em Ciências Biológicas pela
Universidade Federal

Gregório Elias Nunes Viana

Docente da Universidade Federal do Piauí

Maria Madalena Silva e Silva

Graduada em Zootecnia pela
Universidade Federal do Maranhão

RESUMO: A *Leishmaniose* é uma doença de caráter antroponozoonótico causada por parasitas do gênero *Leishmania* e transmitida por mosquitos flebotomíneos. Esta possui duas variantes principais: a Leishmaniose visceral (LV) e a Leishmaniose Tegumentar (LT). Ambas possuem um amplo quadro de manifestações clínicas e grande relevância médica. Nesse interim, pretendeu-se realizar um levantamento bibliográfico de artigos científicos e periódicos indexados em bases

de dados e repositórios acadêmicos, com o fim de caracterizar aspectos anatômicos e fisiológicos decorrentes da *Leishmaniose* e fornecer uma revisão de dados atualizada cientificamente e que propicie uma melhor compreensão de aspectos clínicos, tanto gerais, quanto incomuns da doença.

PALAVRAS-CHAVE: Calazar; Parasitismo; Humanos; Cães.

ABSTRACT: Leishmaniasis is an anthroponozoonotic disease caused by parasites of the genus *Leishmania* and transmitted by sand fly mosquitoes. It has two main variants: visceral leishmaniasis (VL) and tegumentary leishmaniasis (TL). Both have a wide range of clinical manifestations and great medical relevance. In the meantime, we aimed to conduct a bibliographic survey of scientific articles and periodicals indexed in databases and academic repositories, in order to characterize anatomical and physiological aspects arising from Leishmaniasis and provide a scientifically updated data review that provides a better understanding of both general and uncommon clinical aspects of the disease.

KEYWORDS: Calazar; Parasitism; Humans; Dogs.

1 | INTRODUÇÃO

Ocasionada por protozoários do gênero *Leishmania*, a Leishmaniose diz respeito as doenças zoonóticas transmitidas ao homem através da picada da fêmea do mosquito flebótomo (LEMOS et al., 2019; SOUZA et al., 2020). Dentre o rol de doenças em questão, é válido mencionar os dois tipos principais: leishmaniose visceral (LV) e leishmaniose tegumentar (LTA). Ambas, dependendo do estágio de predominação no hospedeiro, além de provocarem danos desastrosos no organismo, conseqüentemente podem ocasionar a morte do mesmo.

Em relação à leishmaniose visceral (LV), caracterizada por ser uma doença com sintomatologia de evolução grave (FARIAS et al., 2019), o número de casos é cada vez mais alarmante ao longo dos anos. BATISTA et al., (2021) apontam que aproximadamente 90% de casos de LV estão concentrados em determinados países, incluindo Brasil, Índia, Sudão, Sudão do Sul, Etiópia e Quênia. Além disso, por ser uma doença com diagnóstico clínico complexo (FARIA RIBEIRO et al., 2021), os sintomas podem variar dependendo da espécie de protozoário envolvida na tal relação de parasitismo; no tipo de hospedeiro, especialmente no que diz respeito à resposta imunológica, e no estágio de predominação da enfermidade no organismo.

Já no concerne à leishmaniose tegumentar (LTA), além de ser uma doença infecciosa de preocupação a nível de saúde pública, é considerada uma zoonose de mamíferos silvestres (ROCHA, SILVEIRA & QUIXABEIRA, 2019). Contudo, a prevalência de ocorrências de LT ao longo dos anos está cada vez mais se pendurando e sendo diagnosticado nos levantamentos epidemiológicos, fato este que pode ser compreendido, especialmente, devido o frequente processo de urbanização no território nacional (DELAMORA & GARCIA, 2020). Além disso, semelhantemente a LV, as manifestações clínicas da LTA são amplas e podem até mesmo serem confundidas com reações de hipersensibilidade (SANTOS, 2021).

Nesse contexto, o estudo almeja contemplar, de forma descritiva e analítica, os diferentes sintomas, seja a nível anatômico quanto fisiológico, ocasionados pela LV e pela LTA, em seus respectivos hospedeiros, afim propiciar uma análise relevante sobre os tais assuntos que são, consideravelmente, de valiosa importância para o contexto da saúde pública nacional.

2 | LEISHAMANIOSE VISCERAL

Nos humanos, a leishmaniose visceral (LV) é caracterizada por diversos sintomas, dentre eles os mais comuns são: fraqueza, endemas, anemia, palidez, emagrecimento, febre baixa, diarreia, tosse, sudorese e prostração (SILVA, 2022; CRUZ et al., 2021). Além disso, com base na literatura, dentre os principais órgãos afetados pela doença, encontram-

se: baço e fígado. Anatomicamente, os tais órgãos sofrem modificações quanto ao seu tamanho, sendo geralmente diagnosticado dois frequentes problemas: esplenomegalia e hepatomegalia (CAVALCANTE et al., 2022; PAULA, 2021). Na maioria dos casos, os aumentos no tamanho dos órgãos são acrescidos de múltiplas lesões (SCOPEL & DARONCO, 2021) e até mesmo com aparecimento de nódulos, assim como foi descrito por ALKAN, AKASLAN KARA & ÖZEN (2016).

Contudo, dependendo da espécie de protozoário causador da LV, os sintomas no hospedeiro podem ser mais específicos, como é o caso da *L. chagasi*, que além de favorecer uma hepatoesplenomegalia proeminente no hospedeiro, com baço podendo atingir a fossa ilíaca direita, também promove o surgimento da caquexia e anemia intensa (PAULA, 2021). Ademais, por meio do seu estudo histopatológico, ALMEIDA (2019) identificou que na maioria dos casos de LV ocorreu-se a desorganização, redução do número de folículos linfóides, redução dos centros germinativos e hialinose dos folículos linfóides da polpa branca esplênica.

Em relação aos animais, especialmente *Canis lupus familiaris*, a manifestação clínica da LV apresenta particularidades. De modo geral, os sintomas mais frequentes da leishmaniose visceral canina incluem: diarreia, vômito, perda de peso, fraqueza, secreção ocular, letargia, conjuntivite (ARAÚJO et al., 2020; SOUZA, 2021). Anatomicamente, no que diz respeito à sintomas mais avançados, inclui-se: paralisia dos membros posteriores; alterações oftálmicas; dermatite esfoliativa não pruriginosa, acometendo principalmente a região periocular, ponte nasal e borda dos pavilhões auriculares, podendo até mesmo ser difusa por todo o corpo; dermatite ulcerativa; onicogribose; hepatomegalia; esplenomegalia; inflamação das margens das pálpebras; poliartrite neutrofílica; glomerulonefrite; alterações hepáticas, cardíacas e neurológicas, sendo essa última predominante em diversas estruturas, como o telencéfalo, tálamo e hipocampo (SILVA, 2020; COSTA et al., 2021; CONTRERAS et al., 2019; SANTOS et al., 2021).

Já no que concerne à mudanças fisiológicas promovidas pela LVC, incluem-se as alterações bioquímicas, tais como: hiperproteinemia, hipoalbuminemia, aumento da atividade de enzimas hepáticas, azotemia e glomerulonefrite, no caso dos hospedeiros diagnosticados com doença renal; anemia não regenerativa decorrente de doença inflamatória crônica e disfunção (hipoplasia ou aplasia) da medula óssea com eritropoiese reduzida (ALMEIDA, 2019; SILVEIRA et al., 2021; PORTO, BECK & GALINDO, 2020).

3 | LEISHAMANIOSE TEGUMENTAR

Os sintomas que caracterizam a LTA se apresentam sob diversas formas clínicas, dentre elas: a forma mucosa (LM), na qual ocorre uma lesão secundária que atinge principalmente a orofaringe e o septo cartilaginoso; a forma cutânea (LC), caracterizada por pápula eritematosa que aparece no local da picada do vetor; a forma disseminada

(LD), incluindo o surgimento de diversas lesões papulares que acometem vários locais do corpo; e a forma clínica difusa (LCD), que apresenta uma lesão que evolui de forma lenta, havendo posteriormente a formação de placas (ROCHA et al., 2019; ALENCAR & FIGUEIREDO, 2019; DE MELLO, 2021).

Lima et al., (2021), afirmaram que embora a LM ocorra apenas em menos de 5% dos indivíduos com leishmaniose tegumentar americana, sua importância é reconhecida pelo potencial de desenvolver lesões nasais destrutivas, que poderia então se espalhar para o rosto. Já Mello (2021), apontou que a obstrução nasal, hiperemia, formação e eliminação de crostas pela mucosa nasal e epistaxe, também são manifestações clínicas associadas a LM, visto que quando a mucosa nasal é preferencialmente acometida, são afetadas várias estruturas, incluindo o septo cartilaginoso e as estruturas internas nela associadas, bem como as paredes laterais, o vestíbulo e a cabeça da concha inferior.

De modo geral, as lesões são manifestações agressivas à pele podendo ser superficiais ou profundas e que são explicadas pela interação de diversos fatores entre a espécie do parasita causador da infecção e a resposta imunológica do hospedeiro (ROCHA et al., 2019; DE MELLO, 2021). Além disso, um aspecto de alteração fisiopatológico incomum e que merece menção é a ocorrência de lesões genitais. Estas se associam ao acometimento por HIV (LYRA et al., 2020; DE PAULA et al., 2021; BARROS et al., 2022).

Outrossim, Ahmad et al., (2020), reportou um relato de caso ocorrido em paciente, o qual apresentou um tipo severo de Leishmaniose cutânea (LC) referido pelos autores como lupoide (LCL), no qual a lesão acometeu a face atingindo especialmente o nariz e após um período de cura, houve a reincidência desta vez havendo grave deformação do nariz, destacando-se a formação de extensas pápulas eritematosas e placas nodulares no nariz, lábio superior e bochechas, com telangiectasia nas bochechas e úlceras graves e cicatrizes no nariz e lábios superiores.

Quanto a leishmaniose tegumentar canina, ela é caracterizada por uma grande variedade de sinais clínicos e alterações clínico-patológicas, incluindo lesões dermatológicas, Imunofluorescência Indireta, formação e deposição de imunocomplexos circulantes (ICC) em tecidos específicos causando vasculite, poliartrite, uveíte, meningite e glomerulonefrite. Além disso, nos cães, a úlcera cutânea sugestiva costuma ser única, frequentemente múltipla, localizada nas orelhas, focinho ou bolsa escrotal (CARVALHO, 2017; LIMA et al., 2021; FREIRE et al., 2022).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Clarice Pessoa et al. **Leishmaniose visceral: distribuição temporal e espacial em Fortaleza, Ceará, 2007-2017**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 29, 2020.

ALMEIDA, Marco Antonio Cardoso de et al. **Caracterização histopatológica de casos fatais de Leishmaniose Visceral Humana: estudo caso-controle de necropsias**. 2019. Tese de Doutorado. Instituto Gonçalo Moniz.

ALENCAR, Benjamin Franklin Pinheiro; FIGUEIREDO, Ivan Abreu. **Perfil epidemiológico dos casos de Leishmaniose Tegumentar Americana no estado do Maranhão no período de 2015 a 2017.**

Revista de Investigação Biomédica, v. 10, n. 3, p. 243-250, 2018.

ARAÚJO, Dayse Ramires et al. **Alterações dermatológicas em cães com leishmaniose visceral**

canina em um hospital universitário veterinário de Montes Claros–MG. Bionorte, v. 9, n. S1, 2020.

ALMEIDA, Ana Claudia Scatolim de et al. **Desafios do diagnóstico da leishmaniose visceral canina:**

relato de caso. Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP, v. 17, n. 3, p. 54-59, 2019.

AHMAD, Sulafa; SULEIMAN, Hamid; AL-SHEHABI, Zuheir. **A successful treatment of severe lupoid**

cutaneous leishmaniasis in an elderly man: a case report. Oxford Medical Case Reports, v. 2020, n. 8, p. omaa064, 2020.

BARROS, Gabriela Pereira et al. **LEISHMANIOSE TEGUMENTAR GENITAL COM LESÃO SÍFILIS-**

LIKE-RELATO DE CASO. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 26, p. 102535, 2022.

CRUZ, Cleya da Silva Santana et al. **Fatores associados à ocorrência da leishmaniose visceral**

humana durante epidemias urbanas no Brasil e estudo da distribuição espaço-temporal e do perfil clínico-epidemiológico dos casos em Araçuaí, Minas Gerais. 2021.

CAVALCANTE, Francisco Roger Aguiar et al. **Leishmaniose visceral: aspectos epidemiológicos,**

espaciais e temporais no município de Sobral, nordeste do Brasil, 2007-2019. Journal of Health & Biological Sciences, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2022.

COSTA, Graciele Pereira et al. **MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DA LEISHMANIOSE CANINA.** Saber

Científico (1982-792X), v. 9, n. 2, p. 95-104, 2021.

CONTRERAS, Iris Krause et al. **Sinais clínicos apresentados por cães positivos para**

leishmaniose visceral no município de Vassouras, Rio de Janeiro. Pubvet, v. 13, p. 152, 2019.

CARVALHO, C. A. **Deteção de antígenos circulantes como abordagem diagnóstica em**

leishmaniose visceral. 2017. Tese (Doutorado em Biologia da Relação Patógeno-Hospedeiro) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

DE FARIA RIBEIRO, Luana Paula et al. **Tratamento empírico com desoxicolato de Anfotericina B,**

em caso suspeito de Leishmaniose Visceral: um relato de caso. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 2, p. 13602-13609, 2021.

DA SILVA, Ariana Santana et al. **Perfil epidemiológico e distribuição espacial da leishmaniose**

visceral no estado do Pará. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 15, n. 6, p. e10242-e10242, 2022.

DELAMORA, Mariana Campos; GARCIA, Graziella Patrício Pereira. **Análise epidemiológica de**

casos humanos de leishmaniose tegumentar americana: Minas Gerais, Brasil, 2010 a 2017. Sustentare, v. 4, n. 1, p. 22-35, 2020.

FARIAS, Flávia Thalia Guedes et al. **Perfil epidemiológico de pacientes diagnosticados com**

leishmaniose visceral humana no Brasil. Revista Ciência e Desenvolvimento, v. 12, n. 3, p. 485-501, 2019.

FREIRE, Kleyton Vinícius Rodrigues et al. **Diagnóstico e fatores de risco associados a leishmaniose tegumentar canina no Brasil: uma revisão sistemática e metanálise.** 2022.

LEMOS, Maria Deuzina Alves et al. **Perfil da leishmaniose visceral no brasil: uma revisão bibliográfica.** Facit Business and Technology Journal, v. 1, n. 9, 2019.

LYRA, Marcelo Rosandiski et al. **Aspectos clínicos e epidemiológicos da leishmaniose tegumentar americana com acometimento genital.** Anais Brasileiros de Dermatologia, v. 95, n. 5, p. 641-644, 2020.

LIMA, Karina Patricia Baracho de et al. **Avaliação do diagnóstico molecular e sorológico da leishmaniose tegumentar em animais domésticos de área endêmica de Pernambuco, Brasil.** 2021. Tese de Doutorado.

DE LIMA, Clara Mônica F. et al. **High anti-leishmania IgG antibody levels are associated with severity of mucosal leishmaniasis.** Frontiers in cellular and infection microbiology, v. 11, p. 652956, 2021.

MELLO, MARCON DÉBORAH LUZIANA DE. **PLANO DE AÇÃO DA VIGILÂNCIA DA LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA-LTA NA MICRORREGIÃO DE AQUIDAUANA-MS PARA PERÍODO DE 2021 A 2025.** 2021.

PAULA, Lucila Bistaffa de. **Perfil epidemiológico da leishmaniose visceral humana na região noroeste do Estado de São Paulo.** 2021.

PORTO, Katieli Franco; BECK, Cristiane; GALINDO, Victor Reis. **LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA: RELATO DE CASO.** Salão do Conhecimento, v. 6

PAULA, Lucila Bistaffa de. **Perfil epidemiológico da leishmaniose visceral humana na região noroeste do Estado de São Paulo.** 2021.

ROCHA, Tamires Mariana Dias Damas; SILVEIRA, Murilo Barros; QUIXABEIRA, Valéria Bernadete Leite. **Leishmaniose Tegumentar Americana em humanos: uma revisão dos aspectos envolvidos na doença.** SAÚDE & CIÊNCIA EM AÇÃO, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2019.

Rocha, A. V. V. O., Moreno, B. F. S., Cabral, A. D., Louzeiro, N. M., Miranda, L. M., dos Santos, V. M. B., Costa, F. B., Nogueira, R. de M. S., Marcili, A., & Sperança, M. A. (2019). **Diagnosis and epidemiology of Leishmania infantum in domestic cats in an endemic area of the Amazon region, Brazil.** Veterinary Parasitology, 273, 80–85.

SOUZA, Edilberto Costa et al. **Apresentação clínica da leishmaniose visceral em pacientes portadores do HIV: análise dos fatores relacionados ao aparecimento da doença.** Brazilian Journal of Health Review, v. 3, n. 2, p. 1766-1777, 2020.

SOARES, D. C. ; SILVA, E. O. ; PRADO, A. F. . **Atividade e expressão da glicoproteína 63 nas espécies Leishmania (Leishmania) amazonensis e Leishmania (Viannia) braziliensis.** 2019.

SANTOS, Bárbara Rodrigues dos; BERRO, Elaine Cristina; SIMIONI, Patrícia Ucelli. **Participação de Receptora” Tool Like” na Resposta à Infecção por Leishmaniose Tegumentar Americana.** Revista Transformar, v. 15, n. 1, p. 510-522, 2021.

SCOPEL, Giulia Caroline Paes; DARONCO, Alexandre. **Lesões esplênicas focais como indicador de Leishmaniose Visceral: uma revisão de literatura.** FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH), v. 3, n. 1, p. 72-78, 2021.

SILVA, Bianca Gomes da et al. **Sinais clínicos neurológicos, associados à leishmaniose visceral canina, em área endêmica: Relato de caso.** Pubvet, v. 14, p. 148, 2020.

SOUZA, Amanda Silva. **LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA: tratar ou eutanasiar?.** 2021.

SANTOS, Magno Otacilio David Ferreira et al. **Leishmaniose visceral canina: princípios do diagnóstico** **Leishmaniose visceral canina: princípios de diagnóstico.** Revista Brasileira de Desenvolvimento , v. 7, n. 9, pág. 92194-92200, 2021.

SILVEIRA, Nathalia Saynovich Dutra et al. **Leishmaniose visceral em cães.** Acta Scientiae Veterinariae, v. 49, n. 1, p. 610, 2021.

REVISÃO DE LITERATURA: TERMORREGULAÇÃO DE OVINOS DA RAÇA SANTA INÊS

Data de aceite: 01/02/2023

Aline de Sousa Silva

Alécio Matos Pereira

Moisés A. de Brito

Jaqueline da S. Rocha

Gilcivan Costa de Sousa

Gregório Elias Nunes Viana

Maria Madalena Silva e Silva

RESUMO: O Brasil concentra um grande rebanho de ovinos, composto na sua maioria de animais deslanados e semilanados, entre os quais destacam-se os crioulos, santa Inês, morada nova e somalis. A produção de carne de ovinos e caprinos é de fundamental importância para o desenvolvimento socioeconômico da região Nordeste, devido ao grande potencial dessas espécies em se adaptar às condições climáticas da região. A eficiência produtiva será maior se estes animais estiverem em condições de conforto térmico, na qual não precisem acionar os mecanismos termorreguladores para efetuar a dissipação de calor. Mediante a uma série de fatores que influenciam o

desenvolvimento e o bem-estar animal, objetivou-se com esta revisão, compilar os principais trabalhos sobre o comportamento termorregulatório de ovinos da raça Santa Inês, sob diversas condições ambientais e sua influência do sobre alguns parâmetros fisiológicos dos animais.

PALAVRAS-CHAVE: Adaptação, bioclimatologia, elementos climáticos, estresse térmico, parâmetros fisiológicos.

ABSTRACT: Brazil concentrates a large flock of sheep, composed mostly of woolly and semi-wooled animals, among which the Creole, Santa Inês, Morada Nova and Somalis stand out. The production of sheep and goat meat is of fundamental importance for the socioeconomic development of the Northeast region, due to the great potential of these species to adapt to the climatic conditions of the region. Productive efficiency will be greater if these animals are in thermal comfort conditions, in which they do not need to trigger thermoregulatory mechanisms to dissipate heat. Through a series of factors that influence the development and animal welfare, the objective of this review was to compile the main works on the thermoregulatory behavior of sheep of the Santa Inês breed,

under different environmental conditions and its influence on some parameters physiology of animals.

KEYWORDS: Adaptation, bioclimatology, climatic elements, thermal stress, physiological parameters.

1 | A RAÇA SANTA INÊS

A raça Santa Inês é um produto dos cruzamentos da raça Bergamácia, com ovelhas Moradas Nova, e ovelhas crioulas, resultando em um ovino com excelentes características de adaptabilidade ao Nordeste brasileiro (BUENO et al., 2007). O porte da Santa Inês, o tipo de orelhas, o formato da cabeça e os vestígios de lã evidenciam a participação da Bergamácia, bem como a condição de deslanado e as pelagens, correspondem a Morada Nova. A participação da Somális é evidenciada pela apresentação de alguma gordura em torno da implantação da cauda, quando o animal está muito gordo (ARCOOVINOS, 2011).

A partir da década de 90, percebe-se pela morfologia externa dos animais Santa Inês a presença de características da raça Somalis Brasileira e de outras raças lanadas principalmente, a inglesa Suffolk. Na descrição original da raça espera-se que os machos adultos pesem em torno de 80 kg, contudo hoje, muitos dos reprodutores vendidos em exposições pesam mais de 120 kg (PAIVA, 2005).

Em geral são deslanados, com pêlos curtos e de grande porte. Sua carne é de excelente qualidade com baixo teor de gordura (ARCO, 2007). No momento, encontra-se em grande fase de expansão, por ser um dos grupos de ovinos com maior importância econômica em função de seu porte e adaptação ao ambiente (PAIVA, 2005).

Há trinta anos, os animais da raça Santa Inês tinham pouca aptidão para a produção de carne, com pobre musculatura, além de baixo desempenho (SANTOS, 2006). Atualmente a raça Santa Inês é de grande porte, os machos alcançam entre os 90 e 100 kg (BUENO et al., 2007), representando alta potencialidade para este tipo de produção. Comparando a raça Santa Inês com as raças Dorper e Somalis, Correia Neto et al. (2006) observaram que não existe diferença para precocidade e D'athayde Neto et al. (2008) constatou que não houve diferença em relação ao crescimento, quando comparado com outras raças.

A literatura cita que a raça Santa Inês é bem adaptada às condições do semiárido, tendo, esta, elevada capacidade para manter a homeostase em climas quentes (CEZAR et al., 2004; SANTOS et al., 2006), não apresenta estacionalidade reprodutiva (BRESSAN et al., 2001) e possui baixa suscetibilidade a endo e ectoparasitas (MADRUGA et al., 2005). Em cruzamentos da raça Santa Inês com raças exóticas, os produtos sempre demonstram características superiores em relação aos cruzamentos de raças exóticas com outras raças nativas (CARNEIRO et al., 2007; VILLARROEL et al., 2005).

Para Oliveira et al. (2005) a raça Santa Inês é economicamente viável para a região semiárida sob condições de confinamento. Santello et al. (2006) e Silva et al. (2000) também

sugerem a suplementação a pasto para reduzir os custos de produção, e não recomendam a exploração de Santa Inês exclusivamente em pastos nativos.

2 | TERMORREGULAÇÃO

O clima é o principal fator que atua interferindo de forma direta e indireta sobre a vida dos animais, podendo ser favorável ou não a sua sobrevivência, portanto, a capacidade dos animais em se adaptar a um determinado ambiente depende de um conjunto de ajustes fisiológicos (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

Segundo Barbosa & Silva (1995) as limitações à produção animal em áreas tropicais podem ser ocasionadas pelos quatro principais elementos ambientais estressantes: temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e velocidade do vento. A temperatura do ar é considerada o fator climático mais importante influenciando no ambiente físico do animal (MCDOWELL, 1974). É determinada pela radiação solar incidente na superfície terrestre, a qual varia com o ângulo de incidência dos raios solares, com o comprimento do dia, com a transmissividade da atmosfera e com a cobertura do céu (TUBELIS & NASCIMENTO, 1980). No entanto, além da radiação oriunda diretamente do sol, a temperatura é influenciada também pela radiação terrestre, a qual é emitida pelas superfícies que absorveram a energia solar incidente (YOUNG, 1988).

A umidade atmosférica é outra variável de grande importância para o bem-estar do animal, influenciando marcadamente no balanço calórico em ambientes quentes onde a perda de calor por evaporação é crucial a homeotermia (YOUNG, 1988).

A literatura cita que a pele mais quente do animal tende a perder calor em contato com o ar mais frio. Se a temperatura do ar aumenta, diminui essa perda de calor por meio do calor sensível, aumentando a temperatura do núcleo central; daí o organismo animal, através de mecanismos evaporativos, como a sudorese e/ou frequência respiratória, aumenta a dissipação de calor insensível. A forma insensível de dissipação de calor é regulada pela umidade, ou seja, quanto maior a umidade mais será comprometido esse mecanismo de dissipação (HABEEB et al. 1992). Dessa forma, a temperatura do ar e a umidade são consideradas como os principais elementos climáticos responsáveis pelo incremento calórico à temperatura corporal dos animais (DOMINGUES, 1968; HARDY, 1981; HARRIS et al., 1960; SHORODE et al., 1960). Se o animal não conseguir dissipar calor excedente através dos mecanismos citados, a temperatura retal aumenta acima dos valores fisiológicos normais e desenvolve-se o estresse calórico, responsável em parte pela baixa produtividade animal nos trópicos.

O efeito do calor na temperatura corporal é determinada não somente pelo clima (temperatura do ar, umidade e radiação solar), como também, pela disponibilidade de água e alimento. As fontes disponíveis de alimento e água em ambientes quentes exercem influência na temperatura do corpo através das interações fisiológicas entre o metabolismo

energético que libera calor para manutenção e atividade produtivas e a água que entra no sistema via metabolismo intermediário e resfriamento evaporativo (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

Legates et al. (1991) observaram que a temperatura corporal é o resultado do equilíbrio entre o calor produzido e calor dissipado e que um aumento na temperatura retal significa que o animal está estocando calor e se este não for dissipado, o estresse calórico se manifestará.

Emesih et al. (1995) trabalhando com fêmeas caprinas submetidas ao estresse térmico pelo calor de 37°C e 30°C ao meio dia, descreveram um aumento significativo da temperatura retal dos animais submetidos ao estresse, em relação ao grupo controle sem estresse. Segundo Gütler et al. (1987) a frequência respiratória em caprinos normais apresenta um valor médio de 15 movimentos respiratórios por minuto com valores variando entre 12 e 25 movimentos por minuto.

De acordo com Silva e Araújo (2000) em situação de desconforto térmico a FR é o mecanismo fisiológico mais usado pelos animais, com o intuito de perder calor para o meio ambiente. Silva et al. (2006b) ao avaliarem o efeito da época do ano e do turno sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos mestiços no Semi-árido paraibano observaram que a FR apresentou-se mais elevada na época mais quente do ano e no turno da tarde, contudo os animais mantiveram a homeotermia demonstrando alto grau de adaptação.

Para Reece (1996) a frequência respiratória é um excelente indicador do estado de saúde quando adequadamente interpretada, já que pode ser influenciada por vários fatores como: espécie, raça, exercícios, excitação, idade, gestação, estado de saúde e temperatura ambiente. Hofmeyer et al. (1969) verificaram que a evaporação respiratória é responsável por cerca de 70% da dissipação de calor, sendo os 30% restantes perdidos através da evaporação cutânea.

Os ovinos utilizam com muita eficiência o aumento da FR como forma de perda de calor. Segundo Starling et al. (2002), o mecanismo de perda de calor mais eficaz é o evaporativo, por não depender do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera. A evaporação respiratória é um mecanismo fisiológico utilizado pelos ovinos em respostas intensas por períodos mais curtos do dia (SILVA e STARLING, 2003). Essa eficiência em perder calor por via evaporativa tem permitido aos ovinos se adaptar muito bem a locais quentes do planeta.

O sistema termorregulador dos animais funciona através da detecção das alterações da temperatura (sanguínea ou ambiental) e em seguida, de acordo com a situação, provoca uma resposta fisiológica de termogênese ou termólise. Além dessas respostas, podem ocorrer ainda alterações comportamentais que levam os animais procurarem locais apropriados para se protegerem contra o frio (abrigos) ou contra o calor (REECE, 1996).

2.1 O efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas

As várias espécies de animais diferem em sua capacidade em suportar calor. A umidade do ar torna-se um fator importante quando a umidade aumenta, a perda de calor por evaporação se reduz, ocorrendo assim um menor resfriamento (REECE, 1996).

Segundo Muller e Botha (1993) a capacidade dos animais resistirem aos rigores do clima pode ser avaliada por alterações na temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), sendo a temperatura ambiente a principal responsável por alterações nessas variáveis fisiológicas. Em regiões de elevadas temperaturas o estresse desencadeado pela combinação de fatores climáticos, faz com que os animais na tentativa de manter a homeotermia aumentem a dissipação de calor pela termólise evaporativa, através da sudorese e da respiração (SILVA, 2000).

Os bovinos e ovinos parecem ser mais capazes de suportar calores extremos. Ofegação e a sudorese ocorrem quando a temperatura aumenta e eles podem dessa forma, suportar temperaturas tão altas quanto 43°C (109°F) com uma umidade de cerca de 65 % (REECE, 1996).

A alta temperatura ambiente associada à alta umidade do ar e à radiação solar são agentes causadores de stress térmico nos animais. Vários estudos mostram a influência térmica do ambiente sobre respostas fisiológicas dos animais domésticos, representadas pela temperatura retal, temperatura da pele, frequência respiratória, frequência cardíaca, produção e dissipação do calor (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

Segundo os mesmos autores acima citados, medida que aumenta a temperatura ambiente, notadamente a partir da zona crítica superior, aumenta a temperatura retal, a temperatura da pele e a frequência respiratória dos animais domésticos. A aceleração do pulso, embora, a priori, sendo um aspecto de menor importância que o ritmo respiratório e temperatura retal, a frequência da pulsação tende aumentar com a temperatura ambiente; entretanto este aumento, é as vezes, de pouca intensidade sem correspondência efetiva com os aumentos da temperatura corporal e do ritmo respiratório.

Para Barbosa (1995) existem diversas combinações onde valores de temperatura e umidade podem representar condições estressantes ou não, e a determinação exata destes valores é quase impossível de ser realizada, pois varia de acordo com o animal e a condição que ele se encontra.

A literatura cita que temperatura da pele pode variar independentemente da temperatura retal, pois além de estar relacionada a condições fisiológicas como vascularização da pele e taxa de sudorese, por ser uma temperatura de superfície; dependem principalmente de fatores externos de ambiente como temperatura e umidade do ar, radiação solar e vento. Em geral, em ambiente quente, a temperatura da pele se eleva (Medeiros & Vieira, 1997).

2.2 Aumento da produção de calor

O animal doméstico, como todo ser vivo, vive em um ambiente constituído pelo conjunto de condições exteriores naturais e artificiais ou preparadas, que sobre ele exerce a sua atuação. Nos climas quentes, a evaporação é o principal processo de eliminação do excesso do calor corporal. Ela é prejudicada pela umidade do ar elevada e favorecida pelos ventos. A evaporação processa-se principalmente na superfície do corpo, mas ocorre também no seu interior, na intimidade do aparelho respiratório (Medeiros & Vieira, 1997).

Quando a habilidade em reduzir a perda de calor não é suficiente para manter uma temperatura corpórea normal, este calor deve ser produzido. A temperatura corpórea cai antes que se inicie a geração de calor é conhecida como temperatura crítica. Entre os animais de produção, os bovinos e ovinos apresentam temperatura crítica mais baixa, o que demonstra que são melhor adaptados a resistir ao frio (REECE, 1996).

O ato de tremer é meio pelo qual o calor é gerado para combater o frio. Tremer é a contração rítmica generalizada dos músculos. As contrações aparentemente aspmódicas dos músculos servem a este propósito porque cerca de 75% da energia da contração muscular é convertida em calor (REECE, 1996).

A tolerância ao calor e a adaptabilidade em ambientes tropicais e subtropicais são muito importantes na produção ovina (BARBOSA et al., 1995), desta forma, temperaturas elevadas e radiação solar intensa, condições prevaletentes no agreste e semi-árido nordestino durante quase o ano todo, podem levar os animais ao estresse calórico ocasionando declínio na produção em virtude da queda no consumo de matéria seca (GUERRINI, 1981) e na eficiência digestiva (BHATTACHARYA & HASSAIN, 1974), além de aumentar as exigências de energia de manutenção dos animais (MCDOWELL, 1969). Os fatores ambientais têm considerável influência na conformação do corpo, alternando características de carcaça e a qualidade da carne (ENCARNAÇÃO, 1986).

De acordo com Silva (1998), o animal nas condições tropicais adversas deve possuir características anatômo-fisiológicas compatíveis com as condições ambientais a fim de expressar todo seu potencial genético. Assim sendo, a cor do pelame escuro, por apresentar maior absorbilidade a radiação térmica, tornado os animais mais sujeitos ao estresse por calor do que aqueles de pelame claro .

2.3 Parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal)

A capacidade dos animais em adaptar-se a um determinado ambiente depende de um conjunto de ajustes no organismo que em condições ambientais estressantes podem causar alterações nos parâmetros fisiológicos (DE LA SOTA et al., 1996) e hematológicos (PAES et al., 2000).

Segundo Bianca & Kunz (1978), a temperatura retal e a frequência respiratória são consideradas as melhores variáveis fisiológicas para estimar a tolerância de animais ao

calor e em menor escala tem sido objeto de estudo a frequência cardíaca (FC), Silva & Gondim (1971) reportam que essa é uma variável sujeita a um grande número de fatores além da temperatura ambiente, como idade, a individualidade, o temperamento e o grau de excitação do animal.

Hopkins et al. (1978) afirmam que valores de temperatura retal próximos à temperatura normal da espécie podem ser tomados como índice de adaptabilidade. De acordo com Baccari Júnior (1986), animais que apresentam menor aumento na temperatura retal e menor frequência respiratória são considerados mais tolerantes ao calor, porém, segundo Fanger (1970), a temperatura da pele deve refletir melhor a sensação de desconforto do animal. Segundo Siqueira et al. (1993), a temperatura retal, a frequência respiratória e o nível de sudorese cumprem um importante papel na termorregulação dos ovinos.

Para Reece (1996), frequência respiratória refere-se ao número de ciclos respiratórios a cada minuto. Ele é um excelente indicador do estado de saúde, mas deve ser interpretado apropriadamente, porque está sujeito a numerosas variações. Além das variações observadas entre espécies, a frequência respiratória pode ser afetada por outros fatores, tais como: tamanho do corpo, idade, exercício, excitação, temperatura ambiente, prenhez, grau de preenchimento do trato digestivo, estado de saúde. A prenhez e o trato digestivo repleto aumentam a frequência porque limitam o trajeto do diafragma durante a respiração. Quando a expansão dos pulmões é restrita, a ventilação adequada é mantida pelo aumento da frequência.

O incremento da atividade respiratória é uma importante forma de o animal perder calor quando submetido a temperaturas elevadas e se constitui no primeiro sintoma visível da resposta ao estresse térmico (MECDOWELL, 1974).

Em condições ideais de temperatura ambiente para espécie (12°C), apenas 20% das perdas de calor é efetiva através da via respiratória, quando expostos a uma temperatura acima de 35° C, a perda de calor por essa via chega a 60% do calor perdido (YOUSEF, 1985). Observa-se que a variação fisiológica na temperatura corporal ao longo do dia, é mínima pela manhã e máxima no início da tarde. Esta variação, segundo vários autores está associada ao aumento da temperatura ambiente. Arruda et al (1984) , encontraram variação com elevação de até 1.76 °C durante o dia na temperatura retal de ovinos , sendo esta variação também atribuída a movimentação dos animais e a radiação solar direta. Por outro lado Pant et al, (1985), observaram que a cor da pelagem de ovinos expostos diretamente á radiação solar e pastejo, não influenciou no ritmo respiratório e nem na temperatura retal.

Neiva et al, (2004) ao avaliarem o efeito do estresse climático sobre parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês, observou que a elevação da temperatura ambiente no turno da tarde, exerceu influência sobre a temperatura retal e respiratória.

Souza et. al (1990), avaliando o comportamento fisiológico de ovinos deslançados no semi-árido, expostos ao sol e em ambientes a sombra encontraram valores para

temperatura retal e frequência respiratória para animais da raça santa Inês na sombra de 38.61°C e 27mov/min, respectivamente.

Avaliando a exposição de ovinos ao calor durante um período de 7 horas, depois retornando a temperatura ambiente mais amena, Johnson (1971) observou aumento na temperatura corporal e na frequência respiratória, da onde concluí-se que nenhum dos animais testados apresentavam habilidade na regulação da temperatura corporal, como adaptação ao estresse térmico.

Segundo Medeiros & Vieira (1997), acima de um ambiente “termo-neutro” (18°C, 50% UR do ar e 0,5m/s de velocidade de deslocamento do ar) a produção de ruminantes decresce com temperaturas altas, umidade e velocidade do ar. A interação entre movimento do ar e aspersão de água é benéfica para a produção, enquanto que a interação umidade e produção é prejudicial. A temperatura de superfície animal (pelame) é dependente de sua cor e da temperatura ambiente, enquanto a da pele depende do ambiente e do decréscimo do movimento do ar. A taxa respiratória aumenta com a elevação da temperatura e umidade do ar, e diminui com o maior movimento do ar.

Temperaturas corporais excessivas originam efeitos prejudiciais sobre distintos processos fisiológicos, principalmente os metabólitos. Aumento de temperatura corporal de 0.5° C ou superior reduz o consumo de alimento, aumenta a taxa respiratória e reduz o rendimento. Este incremento na temperatura orgânica visa favorecer as perdas de calor por condução (MCDOWELL, 1974).

A temperatura retal é influenciada pela atividade muscular, raça, sexo, idade, comprimento da lã, estação do ano, radiação solar e temperatura ambiente (BIANCA, 1968; UIBERG, 1971 citados por HASSAIN et al., 1996). A temperatura retal normal para muitas raças de ovinos varia entre 35,5 e 40,5°C, tendo como valor médio 39,5° C (Esmay, 1978 citado por HASSAIN et al., 1996).

Starling et al. (2002) estudaram a temperatura retal, frequência respiratória e taxa de evaporação total de ovinos Corriedale submetidos a três temperaturas ambientes (20, 30 e 40°C). Esses autores concluíram que a utilização das variáveis fisiológicas temperatura retal e frequência respiratória como parâmetros únicos para a seleção de animais mais ou menos tolerantes ao calor não é suficiente para avaliar o grau de adaptação a temperaturas elevadas. Em pesquisa posterior, Starling et al. (2005) corroboraram esta afirmativa.

2.4 Adaptabilidade

Segundo Silva (2000a), de acordo com o conceito biológico, adaptação é o resultado da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de promover o bem-estar e favorecer a sobrevivência de um organismo em um ambiente específico. Do ponto de vista genético, adaptação é o conjunto de alterações herdáveis nas características que favorecem a sobrevivência de uma população de indivíduos em um determinado ambiente. De acordo com Finch (1984), as

condições de estresse em ambientes tropicais resultam no reajuste interno a fim de manter a homeostase sob mudanças da temperatura externa, que é chamado de adaptação ao ambiente térmico.

A adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade que tem o animal em se ajustar às condições médias ambientais de climas adversos, com mínima perda no desempenho e conservando alta taxa reprodutiva, resistência às doenças e baixo índice de mortalidade (HAFEZ, 1973).

Segundo Baccari Jr. (1990) a maior parte das avaliações de adaptabilidade dos animais aos ambientes quentes estão incluídas em duas classes: (adaptabilidade fisiológica) que descreve a tolerância do animal em um ambiente quente mediante, principalmente modificações no seu equilíbrio térmico, e (adaptabilidade de rendimento) que descreve as modificações da produtividade animal experimentadas em um ambiente quente.

Segundo Bridi (2009), para avaliar a adaptação dos animais a um determinado ambiente, devem-se considerar os seguintes fatores:

1. Ambiente: temperatura do ar, temperatura radiante, radiação solar, umidade relativa do ar, vento e pressão atmosférica;
2. Capa externa: espessura, estrutura, isolamento térmico, penetração do vento, ventilação, permeabilidade do vapor, transmissividade, emissividade, absorvidade e refletividade;
3. Características corporais: forma corporal, tamanho e movimentos, área de superfície radiante, área exposta à radiação solar direta, emissividade da epiderme, absorvidade da epiderme;
4. Respostas fisiológicas: temperatura (epiderme, retal), taxa de sudação, trocas respiratórias, produção, taxa de crescimento e desenvolvimento, níveis hormonais (T3, T4, cortisol).

Segundo Monty Júnior et al. (1991) existe a necessidade de se conhecer a tolerância e a capacidade de adaptação das diversas raças, como forma de embasamento técnico à exploração ovina, bem como as propostas de introdução de raças em uma nova região ou mesmo o norteamento de programa de cruzamento, visando à obtenção de tipos ou raças mais adequadas a uma condição específica de ambiente.

Um animal, cujo organismo não possua os mecanismos adequados para enfrentar altas temperaturas e intensa radiação solar, permanecerá em estresse, sendo esta responsável, em grande parte, pelo baixo desempenho produtivo. Assim a capa externa do corpo, o pelame, assume importância fundamental para as trocas térmicas com o ambiente, em consequência das propriedades físicas, e distinta disposição dos pêlos (CENA & MONTEITH, 1975a) na superfície corporal.

A exposição repetida ou continuada ao ambiente quente determina além da adaptação funcional dos principais processos fisiológicos, as mudanças funcionais ou estruturais que aumentam sua capacidade para viver neste tipo de ambiente (McDOWELL, 1974).

Um animal que modifica seus processos até alcançar novo nível, apresentando elevação mínima da temperatura corporal, se considera mais aclimatado ou adaptado para viver em ambiente quente, do que outro que variou notavelmente seu equilíbrio térmico (McDOWELL, 1974).

3 | CONCLUSÃO

É de suma importância o entendimento da termorregulação animal, pois esse conhecimento é fundamental para que o animal expresse sua capacidade genética na produtividade. Permitindo que o profissional possa escolher uma raça adaptada para o ambiente a que ela vai ser submetida. A raça errada acarretará uma menor produtividade e até possíveis patologias associadas ao desconforto fisiológico que o animal estará submetido diariamente. É de fundamental importância experimentos bioclimatológicos nas raças para que se entenda detalhadamente a homeostasia das espécies nos diferentes ambientes climáticos.

REFERÊNCIAS

ARCO, **Assistência aos Rebanhos Criadores de Ovinos**. Disponível em: <Http://www.arcoovinos.com.br>. Acessado em: 04/05/2010.

ARRUDA, F. de A. V., FIGUEIREDO, E. A. P., PANT, K. P. Variação da temperatura corporal de caprinos e ovinos sem-lã em Sobral. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.19, n.7, p.915-919, jul.1984.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental para a produção de leite nos trópicos. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1. 1986 Anais..., Jaboticabal : FUNEP, 1986. p. 45-53.

BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1990, Sobral-CE. **Anais...** Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1990. p. 9-17.

BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 52, n. 1, p. 29-35, 1995.

BARBOSA, O.R.; SILVA, R.G.; SCOLAR, J.; GUEDES, J.M.F. Utilização de um índice de conforto térmico em zoneamento bioclimático da ovinocultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...**Brasília: SBZ, 1995. p.131-141.

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 57-69, 1978.

BRESSAN, M.C.; PRADO, O.V.; PÉREZ, J.R.O. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v.21 n.3, P. 293-303, 2001.

BRIDI, M. A. **Adaptação e aclimação animal**, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>. Acesso em: 05/05/2011.

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; SANTOS, L. E. et al. [2007] Principais raças ovinas para corte. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/ovinos/Index.htm>. Acesso em: 5/05/2011.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; JÚNIOR, A.A.O.S. et al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, vol.42 no. 7, 2007.

CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer.

CEZAR, M.F.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H. et al. **Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, santa inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino**. Ciência agrotecnica, Lavras, v. 28, n. 3, p. 614-620, 2004.

CORREIA NETO, J.; COSTA, A.N.; REIS, J.C. Parâmetros reprodutivos de ovelhas santa inês e suas cruzas com machos das raças dorper e somalis brasileira, obtidas

D'ATHAYDE NETO, H.P.; SORJUS, R.S.; SILVA, R.F. et al. O peso dos cordeiros Santa Inês ao nascer e no desmame. Revista Brasileira de Caprinos e Ovinos, n.109p. 42-48, 2008.

DE LA SOTA R.L.; RISCO, C.A.; MOREIRA, F. Efficacy of a timed insemination program in dairy cows during summer heat stress. **Journal Animal Science**. v.74,n.1,p.133-139,1996.

Divisão Territorial do Brasil. Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1 de julho de 2008). Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/2000>>. Acesso em 03/04/2011.

DOMINGUES, O. **Introdução à zootecnia**. 3. ed. Rio de Janeiro: SIA, 1968. 392 p.

EMESIH, G.C., NEWTON, G.R., WEISE, D.W. 1995. Effect of heat stress and oxytocin on plasma concentrations of progesterone and 13,14-dihydro-15-ketoprostaglandin F2a in goats. *Small Rum. Res.*,16(2):133-139.

ENCARNAÇÃO, R.O. Estresse e produção animal. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1., 1986, Botucatu. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.130.

FANGER, P. O. Conditions for thermal comfort introduction of a general comfort equation. In: HARDY, J. D.; GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J. **Physiological and behavioral temperature regulation**. London: C. C. Thomas, 1970. p. 152-176.

FINCH, V. A. Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions In:

GILCHRIST, F.M.C.; MACKIE, R. I. (Ed.). **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Grigall:The Sciences Press, 1984. p. 89-105.

GUERRINI, V. H. Food intake of sheep exposed to hot humid, hot dry and cool humid environments. **American Journal of Veterinary Research**, v.42, p.658-61, 1981.

GÜTLER, H.; KETZ, A.; KOLB, E. et al. **Fisiologia Veterinária**. 4ªed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1987. 612p.

HABEEB, A. L. M.; MARAY, I. F. M.; KAMAL, T. H. **Farm animals and the environment**. Cambridge: CAB, 1992. 428 p.

HARDY, R. N. **Temperatura e vida animal**. São Paulo: EPU, 1981. 91 p.

HARRIS, D. L.; SHRODE, R. R.; RUPEL, I. W. Study of solar radiation as related to physiological and production responses of Lactating Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 43, n. 9, p. 1255-1262, Sept. 1960.

JOHNSON, K. G. Body temperature lability in sheep and goats during shortterm exposures to heat and cold. **J. Agric. Sci., Camb.**, v.77, p.267-272, 1971.

LEGATES, J. E.; FARTHING, B. R.; CASADY, R. B. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 2491-2500, 1991.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.34, n1, p.309-315, 2005.

McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. 1.ed. Zaragoza: Acribia, 1974. 692p.

McDOWELL, R.E.; MOODY, E.G.; VAN SOEST, P.J. et al. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.52, p.188-194, 1969.

MEDEIROS, L.F.; VIEIRA, D.H. *Bioclimatologia Animal*. RJ: **universidade federal rural do Rio de Janeiro; Instituto de Zootecnia Departamento de Reprodução e Avaliação Animal** 1997. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAavNAAC/apostilabioclimatologia>>. Capturado em: 05/05/2011.

MONTY JÚNIOR, D. E.; KELLY, L. M.; RICE, W. R. Acclimatization of St Croix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat. **Small Ruminant Research**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 379-392, 1991.

NEIVA, J.N.M; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N. et al. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Zootec**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.

OLIVEIRA, F.M.M.; DANTAS, R.T.; FURTADO, D.A.; et al. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.631-635, 2005.

Padrões Raciais: **santa Inês**. Disponível em: http://www.arcoovinos.com.br/racas_links/santa_ines.htm, capturado em: 04/05/2011.

PAES, P. R.; BAIRONI, G.; FONTEQUE, J.R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, [S.l.]. v.6, n.1, p.43-49, 2000.

PAIVA, S.R.; **Caracterização da diversidade Genética de Ovinos no Brasil com quatro técnicas moleculares**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. P.118. Tese (Pós- Graduação em Genética e Melhoramento para obtenção do título de “doctor scientiae”).

PANT, K. P.; ARRUDA, F. de A.V.; FIGUEIREDO, E. A. P. Role of coat colour in body heat regulation among goats and hairy sheep in Tropics. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.20, n.6, p.717-726. 1985.

por inseminação artificial laparoscópica com sêmen congelado *Ciência Veterinária tropical*, Recife-PE, v.9, p. 63 -73, 2006.

Proceedings the Royal Society of London B. v.188, p.377-393, 1975a.

SANTOS R. Os caminhos de Santa Inês. *Revista Brasileira de Caprinos e Ovinos*, n. 90, 2006.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 30, n.3, p.516-521, 2006a. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/adaptabilidade/index.htm>. Acesso em: 05/05/2011.

SILVA, F.L.R e ARAÚJO, A.M. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no Semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n.4, p.1028-1035,2000. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/adaptabilidade/index.htm>. Acesso em: 05/05/2011.

SILVA, F.L.R; ARAÚJO, A.M. Características de reprodução e decrescimento de ovinos mestiços Santa Inês, no Ceara. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29 n.6 p.1712-1720, 2000.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000a, 286

SILVA, R.G. Estimação do balanço térmico por radiação em vacas holandesas a sol e a sombra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA. 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 1998. p.118- 1063 128.

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. 286p.

SILVA, R.G.; GONDIM, A.G. Comparação entre as raças Sindy e Gersey e seus mestiços, relativamente à tolerância ao calor na região Amazônica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.6, p.37-44,1971.

SIQUEIRA, E. R.; FERNANDES, S.; MARIA, G. A. Efecto de la lana y del sol sobre algunos parâmetros fisiologicos em ovejias de razas Merino Australiano, Corridale, Romney Marsh e Ile de France. **ITEA**, Zaragoza, v. 89, n. 2, p. 124-131, 1993.

SOUZA, B. B. de, SILVA, A. M. de A., VIRGÍNIO, R. S., et al. Comportamento fisiológico de ovinos deslanados no semi-árido expostos em ambiente de sol e em ambiente de sombra. **Vet. Zoot.**, v.2, p.1-7, 1990.

STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; BARBOSA, G.S.S.C.; COSTA, M.J.R.P. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.

STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; NEGRÃO, J.A.; MAIA, A.S.C.; BUENO, A.R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2064-2073, 2005

TUBELIS, A., NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. 1.ed. São Paulo: Nobel, 1980. 374p.

YOUNG, B. A. Effect of environmental stress on nutrient needs. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.456-467.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock. Ungulates**. Boca Raton: CRC Press Inc. v.2, 1985.217p

ALÉCIO MATOS PEREIRA - Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Piauí-UFPI (2004), Mestre e Doutor em Ciência Animal (área de concentração em Reprodução Animal) também pela Universidade Federal do Piauí - UFPI. Atualmente é professor da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Campus IV, da disciplina de Anatomia e Fisiologia, nos cursos de Zootecnia, Agronomia e Biologia. Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Fisiologia Endócrina. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2057530058619654>

GILCYVAN COSTA DE SOUSA - Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA/CCC). Atualmente é bolsista voluntário de Iniciação Científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico Tecnológico do Estado do Maranhão (FAPEMA) e membro do laboratório de Anatomia Animal e Comparada/UFMA, no qual desempenha atividades de pesquisa relacionadas à espécie *Didelphis marsupialis* (Linnaeus, 1758), com foco em anatomia descritiva. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7127906391948790>

GREGÓRIO ELIAS NUNES VIANA - Possui graduação em Bovinocultura pela Universidade Federal do Piauí (1982), graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Piauí (1990), mestrado em Ciências Veterinárias pela Universidade Estadual do Ceará (1996) e doutorado em Ciências Biológicas (Fisiologia e Farmacologia) pela Universidade Federal de Minas Gerais (2005). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Piauí. Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Reprodução, atuando principalmente nos seguintes temas: angiotensina-(1-7), rato, andrógeno e esteroidogênese. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1016872359649760>

A

Aclimação 21, 23, 52

Aspergillus niger 8, 11, 13, 15, 17, 18, 19

Aves 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17

B

Bioclimatologia 42, 51, 52, 53, 54

C

Caracterização bioquímica 7, 8, 9, 12, 19

D

Desempenho 1, 2, 3, 4, 6, 15, 16, 22, 43, 50, 54

Dieta pré-inicial 2, 5

F

Fermentação submersa 8, 12

Frango de corte 1, 2

H

Holstein-Frísia 21, 22, 24

M

Morfometria intestinal 1, 2, 3

P

Propriedades catalíticas 8, 13

S

Stresse térmico 21, 22, 23, 26, 27, 29, 30, 31

V

Vacas leiteiras 21, 23, 29, 31, 32

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ZOOTECNIA. ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência
e tecnologia


Ano 2023

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ZOOTECNIA. ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência
e tecnologia


Ano 2023