

Antônio Amaral Barbosa
Laura Valadão Vieira
Karen Cruz Freitas
Rutiele Silveira

ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

Antônio Amaral Barbosa
Laura Valadão Vieira
Karen Cruz Freitas
Rutiele Silveira

ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaió – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
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. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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. 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Estresse térmico em vacas leiteiras

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Autores: Antônio Amaral Barbosa
Laura Valadão Vieira
Karen Cruz Freitas
Rutiele Silveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82 Estresse térmico em vacas leiteiras / Antônio Amaral Barbosa, Laura Valadão Vieira, Karen Cruz Freitas - PR: Atena, 2021.

Outra autora
Rutiele Silveira

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-140-1
DOI 10.22533/at.ed.401211006

1. Vacas leiteiras. 2. Estresse. 3. Bovinocultura. 4. Leite. I. Barbosa, Antônio Amaral. II. Vieira, Laura Valadão. III. Freitas, Karen Cruz. IV. Título.

CDD 599

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.

APRESENTAÇÃO

O livro Estresse Térmico em Vacas Leiteiras está em sua primeira edição e conta com a colaboração de quatro autores, todos eles dedicados ao estudo do metabolismo animal, especialmente no que tange as áreas de bovinocultura de leite e corte.

Neste material foram reunidas informações a respeito dos impactos gerados pelo estresse térmico no Brasil e no mundo, com base em dados de artigos científicos e trabalhos de revisão. A temática foi escolhida, devido a sua grande importância para o setor produtivo, visto que, bovinos leiteiros acometidos por estresse térmico apresentam acentuada diminuição em seus índices produtivos, reprodutivos e sanitários, o que também interfere na economia dos sistemas de produção.

Além disso, diante dos efeitos deletérios gerados pelo incremento na carga de calor, das estimativas a respeito do aumento populacional, da maior demanda por alimentos e do aquecimento global, o livro também aborda possíveis ferramentas que possam auxiliar na atenuação no estresse calórico melhorando a saúde, bem estar e a eficiência produtiva dos sistemas pecuários.

Antônio Amaral Barbosa (Organizador e Autor da Obra),
Laura Valadão Vieira, Karen Cruz Freitas e Rutiele Silveira, autores

SUMÁRIO

INTERAÇÃO VACA-AMBIENTE	1
Zonas climáticas mundiais.....	2
Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	3
Diferenças raciais.....	5
A “Temperatura Crítica Superior” da vaca	6
Referências	8
EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO NO DESEMPENHO E BEM ESTAR DAS VACAS.....	10
Manutenção da temperatura corpórea normal	10
Produção de calor.....	10
Perda de calor.....	12
Mudanças fisiológicas em vacas com estresse térmico	13
Mudanças comportamentais em vacas com estresse térmico	16
Como saber se a vaca está em estresse calórico?	17
Referências	18
PERDAS DE DESEMPENHO CAUSADAS PELO ESTRESSE CALÓRICO.....	19
O Estresse Térmico e o Consumo de Matéria seca	19
Estresse térmico e a Síntese do leite	20
Alguns dos impactos gerados pelo estresse térmico no volume de leite produzido:	22
Exemplos de alteração na composição do leite gerados pela redução de consumo alimentar, priorização da termorregulação em detrimento da síntese do leite e lesão celular devido a hipertermia:	22
Estresse Térmico nas Vacas e o Desempenho das Progênieis	24
Estresse Térmico e o Desempenho Reprodutivo	26
Referências	28
RESFRIAMENTO COMO FERRAMENTA DE REDUÇÃO DO ESTRESSE CALÓRICO EM VACAS.....	31
Efeito do resfriamento no desempenho e no bem-estar das vacas	31
Efeito do resfriamento no bem-estar das vacas	31
Efeito do resfriamento de vacas em sua fertilidade	31

Resfriando vacas secas, no final da gestação	32
Razão de desempenho Verão para Inverno (V:I) - uma ferramenta para avaliação da efetividade do resfriamento	32
Aspectos econômicos do estresse calórico e resfriamento de vacas	33
Métodos para resfriamento das vacas	35
O sistema de resfriamento direto	36
Dessa forma, surge um impasse: a ventilação forçada é suficiente para manter as vacas em temperatura normal?.....	36
Por que nós precisamos umedecer a vaca?	36
Procedimento de resfriamento direto baseado no umedecimento e na ventilação forçada consiste em:	37
Onde podemos usar sistemas de resfriamento direto?	37
Equipamentos que podem ser usados quando se instala resfriamento direto em diferentes áreas rurais:	38
O sistema de resfriamento indireto.....	38
Resfriando vacas por nebulização	39
Fatores que influenciam a qualidade do resfriamento	39
Quando começar a resfriar?	39
Dicas para avaliação da eficácia do sistema de resfriamento	40
Referências	41
NOVAS FERRAMENTAS PARA MINIMIZAR OS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO.....	42
Ajustes na Dieta Ofertada.....	42
Fibras e Gordura	42
Proteína	43
Ingestão de Água	44
Vitaminas	45
Aditivos Nutricionais	46
Metionina	46
Taninos Condensados.....	48
Osmólitos.....	49
I.C.E™ (Internal Cooling Element)	52

REFERÊNCIAS	53
SOBRE OS AUTORES	56

A população mundial que aumenta gradativamente, tende a sofrer um acréscimo de 7 a 9 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos, este tem sido um dos fatores que motiva a crescente elaboração de produtos de origem animal. A produção de leite brasileira, por exemplo, passou por mudanças que podem ser observadas se comparada a década de 70, onde o rebanho nacional era constituído de 9.302.094 vacas e produção de 678L leite/vaca/ano, com o ano de 2017 quando o rebanho se caracterizava por possuir 11.506.788, com a produção de 2.621L leite/ vaca/ ano. Diante das variações numéricas, é possível afirmar que não só a produção anual aumentou, como também a produção média por animal se tornou mais eficiente. Esta maior eficiência, provavelmente se deve ao aumento da utilização de técnicas que incrementam a produtividade animal, tais como, dietas mais adequadas à categoria de produção, biotécnicas reprodutivas que aos poucos foram selecionando animais com melhor potencial genético, gestão mais eficiente das propriedades, entre outros.

Entretanto, à medida que houve o incremento produtivo, os animais tornaram-se mais sensíveis aos desafios metabólicos que ocorrem no início da lactação, o que aumentou a incidência de enfermidades em 30 a 50%. Além disso, a alta produção está associada ao aumento na geração de calor metabólico, o que pode ser um problema, nos períodos quentes do ano, ou em casos em que os animais são criados em regiões de clima tropical e subtropical. Entretanto, mesmo em países de clima mais ameno, o ITU pode chegar a 72 em certas épocas do ano e também comprometer o desempenho dos animais. Dessa forma, a preocupação com o estresse térmico passa a ser global, principalmente para os animais que apresentam maior produção de leite diária, pois estes são os mais suscetíveis ao estresse térmico por calor.

A hipertermia constitui um dos grandes desafios aos produtores de leite, que desafia vacas de alta produção no mundo todo por pelo menos algumas semanas ou meses. Trata-se de um evento que compromete o bem-estar, a saúde e a produtividade animal e é desencadeado pelo aumento da temperatura ambiental, acompanhado ou não de aumento da umidade, estes dois elementos constituem o índice de temperatura e umidade (ITU), que pode ser utilizado para monitorar as condições ambientais em que os animais estão submetidos. A sensibilidade a esse índice dependerá do quão produtiva é a vaca, porém acredita-se que o ITU a partir de 68, já é suficiente para provocar desconforto ao animal de alta produção, o que irá refletir negativamente na lactogênese.

Estima-se que a incidência de estresse térmico seja cada vez mais recorrente, o que se deve aos efeitos do aquecimento global, que aumenta a temperatura média dos oceanos e da atmosfera terrestre. Seus efeitos poderão resultar em impactos severos no ponto de vista produtivo, pois os seis estados brasileiros de maior produção leiteira,

Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Santa Catarina, São Paulo e Bahia, estão localizados em áreas de clima tropical ou subtropical. Enquanto os quatro países mais produtivos, Estados Unidos, Índia, China e Brasil, apresentam a mesma característica climática. Atualmente, o impacto financeiro do calor ambiental na indústria leiteira global provavelmente é superior aos impactos provocados pela mastite, umas das doenças de maior prevalência nos rebanhos, e de outros parâmetros economicamente prejudiciais, como índices reprodutivos baixos.

ZONAS CLIMÁTICAS MUNDIAIS

As zonas climáticas mundiais são divididas de acordo com as características de temperatura, umidade e época de chuvas, não detendo-se somente as estações do ano, sendo classificadas conforme descrito abaixo.

- Temperada – frio no inverno e moderadamente fresco no verão, com algumas ondas de calor durante o verão ocorrendo mais frequentemente nas últimas décadas.
- Deserto – clima quente e seco durante o dia e relativamente mais frio durante as horas da noite.
- Tropical – quente e úmido durante o dia e durante a noite, em quase o ano todo, com pequenas variações entre as temperaturas e umidade de dia e à noite.
- Subtropical seco – verões secos e invernos chuvosos, verões e invernos moderados.
- Subtropical úmido – verões chuvosos e invernos secos, verões e invernos moderados.
- Polar e Subpolar – clima frio durante o ano todo.

Estima-se que nas próximas décadas haverá um incremento em 70% na produção leiteira, bem como tende a aumentar o consumo alimentar, especialmente nas regiões Tropical e Subtropical (35°N – 35°S), onde a principal raça selecionada para a atividade leiteira é a Holandês que se caracteriza por ser menos termotolerante, o que constitui um ponto de atenção.

Entretanto, o aumento da emissão atmosférica de Gases de Efeito Estufa (GEE), como CO₂, CH₄ e N₂O, os quais estão altamente correlacionados com o aumento na temperatura mundial, acarretará o chamado “Aquecimento Global”, onde a temperatura mundial média deverá aumentar em quase 2°C. Vale ressaltar que apesar da pecuária ser apontada como vilã na emissão de gás metano, é comprovado que esse gás eliminado através das eructações se torna sustentável. Isso devido à maior produtividade por área - diminuindo o desmatamento que é o maior responsável pelo aquecimento global - além do sistema de sequestro de carbono das pastagens.

O aumento de temperatura ambiente, em escala global, levará a extremos nas

regiões realmente quentes e ao surgimento de “episódios de calor” em partes temperadas do mundo, afetando negativamente as plantas e os animais, principalmente as vacas leiteiras em sistemas intensivos de produção (Polsky et. al, 2017).

O estresse calórico é considerado um dos maiores fatores limitantes para se atingir a meta de aumento de produtividade leiteira, tendo em vista que um desempenho ótimo será alcançado, quando os animais forem mantidos em uma faixa de temperatura considerada como “ótima para produção e para a saúde”. Quando a temperatura do ar excede essa faixa, o organismo dos animais ativa mecanismos para a dissipação do calor. Esses requerem energia para ativação, a qual é desviada para finalidade produtiva, reduzindo assim, a eficiência de produção.

Ainda assim, até certo ponto, os mecanismos de regulação homeotérmica são capazes de manter a temperatura corporal normal (39°C). Quando a temperatura ambiente excede o nível no qual as vacas podem manter sua homeotermia, elas alcançam um ponto chamado de “temperatura crítica superior”, caracterizada como a temperatura na qual uma vaca leiteira não pode dissipar o calor produzido, apesar de usar todos os seus “mecanismos de dissipação de calor”. Acima desta, a temperatura corporal da vaca aumentará rapidamente e ela será considerada como em “estresse calórico”, o qual compromete o seu desempenho produtivo. Ainda, as vacas podem ir a óbito devido ao estresse calórico, quando as condições climáticas provocam hipertermia a um nível extremo, de quase 43°C de temperatura corporal, por exemplo.

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

Reforçando o elucidado, um dos fatores mais importantes na indústria leiteira e no bem-estar das vacas é a temperatura e umidade ambiental, tais variáveis podem ser responsáveis por efeitos negativos no animal, seja no ponto de vista produtivo ou sanitário, sendo a intensidade dos impactos dependentes do período de exposição, que pode variar de horas a dias.

Essa caracterização se dá pela combinação dos seguintes fatores:

- Temperatura.
- Umidade.
- Movimento do ar (ventos).
- Radiação (radiação solar direta e indireta).

A forma mais comum de descrever as condições climáticas às vacas é o ITU - Índice temperatura e Umidade que foi descrito sem unidade pela primeira vez por Thom (1959), pensando em humanos. A seguinte equação calcula esse índice, levando em conta a temperatura momentânea (F) e a umidade relativa (RH). Existem algumas equações para calcular o ITU, usando diferentes parâmetros disponíveis. A mais comum é a seguinte, onde:

$$\text{ITU (F)} = T_d - (0,55 - 0,55 \text{ RH}) (T_d - 58).$$

- Td – Temperatura do bulbo seco.
- RH – Umidade Relativa (%).

Exemplo: se a umidade relativa é 65% RH e a temperatura de bulbo seco é 35°C (95°F), então, o cálculo será da seguinte forma:

- $95 - (0,55 - 0,55 \cdot 65/100)$ (95-58)
- ITU (F) = 88

Com base nessa equação, Berry et. al (1964), transporam os resultados em estudos de laboratório com vacas de baixa produção (média 15 litros), definindo as seguintes faixas térmicas:

- Sem estresse: < 72.
- Baixo estresse: 73-77.
- Estresse moderado: 78 – 83.
- Estresse severo: 84 – 90.
- Morte: > 90.

Posteriormente, outros testes foram realizados no Arizona com vacas de alta produção (Collier, 2012) e essas faixas mudaram, estabelecendo-se da seguinte maneira:

Sem estresse: < 68.

Baixo estresse: 69 - 73.

Estresse moderado: 74 - 79.

Estresse severo: 80 - 84.

Morte: > 85.

Temp		Umidade Relativa (%)																
F	C	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
77	25.0	Sem estresse														Estresse leve		
78	25.6					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76		77	77
79	26.1				72	76	73	74	74	75	76	76	77	77	77	78	78	79
80	26.7		72	72	73	76	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80	
81	27.2	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80	80	81	
82	27.8	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	
83	28.3	73	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	83	
84	28.9	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83	83	84	
85	29.4	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84	84	85	
86	30.0	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86	
87	30.6	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	86	85	85	86	87	
88	31.1	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86	87	88	
89	31.7	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	89	
90	32.2	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	
91	32.8	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	91	
92	33.3	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92	
93	33.9	79	80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
94	34.4	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	
95	35.0	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
96	35.6	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
97	36.1	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97	
98	36.7	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	94	95	96	97	98	
99	37.2	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	96	97	98	99	
100	37.8	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	100	
101	38.3	83	86	86	87	88	89	90	92	93	96	95	96	97	99	100	101	
102	38.9	86	85	86	87	89	90	91	92	96	95	96	97	96	99	101	102	
103	39.4	86	86	87	88	89	91	92	94	95	96	97	98	100	101	102	103	
104	40.0	85	86	88	88	90	91	93	94	95	96	97	99	100	101	103	104	
105	40.6	86	87	88	89	91	92	93	96	96	97	98	99	100	101	104	105	
106	41.1	86	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106	
107	41.7	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	101	102	103	105	106	107	
108	42.2	87	89	90	92	93	94	96	97	98	100	101	102	104	105	106	108	
109	42.8	88	89	91	92	94	95	96	98	99	101	102	103	105	106	107	109	
110	43.3	88	90	91	92	94	96	97	98	100	101	102	104	105	106	108	110	
111	43.9	89	91	93	94	95	96	98	99	101	102	103	105	106	107	109	111	

Figura 3. Classificação de estresse térmico de acordo com ITU e alterações fisiológicas (Collier, 2012).

Ravagnolo e Misztal. (2000), relataram que há uma diminuição de produção de 0,2 Kg por unidade aumentada de ITU acima de 72, quando composto por temperatura máxima e umidade mínima. Já no estudo de Collier (2012), foram encontradas perdas médias na produção de leite por dia de 2,2kg entre um ITU mínimo de 65 e 73. Esses dados, confirmam a importância no número de horas por dia e nos dias por ano, com o ITU acima dos níveis críticos para vacas leiteiras.

DIFERENÇAS RACIAIS

Os mecanismos termorregulatórios possuem características adaptativas e evolutivas com o principal objetivo de manter o funcionamento biológico. Sabe-se que *Bos indicus* e

Bos taurus diferenciaram-se há mais de 100 mil anos e graças ao tipo de ambiente onde cada raça situou-se, houveram alterações morfológicas, fisiológicas e celulares que contribuíram para melhor adaptação em cada localidade. Devido às raças zebuínas evoluírem em regiões tropicais, estas são mais adaptadas a altas temperaturas, enquanto raças taurinas que se aclimataram em regiões temperadas, ao serem submetidas às mesmas condições que *B. indicus*, não possuem mecanismos adequados para enfrentamento do calor.

Entre os mecanismos adaptativos que raças zebuínas, *B. indicus*, possuem de modo a facilitar a termorregulação, incluem quantidade superior de superfície de pele tal como número de glândulas sudoríparas, maior pigmentação de pele, tamanho de pelo curto e pelagem clara e maior vascularização cutânea. Sabe-se que a espessura da pele e pelagem são importantes para a perda de calor não evaporativo, assim como, existe a influência do fotoperíodo. Apesar disto, vacas zebuínas não são imunes às perdas ocasionadas pelo estresse térmico.

Ao contrário dos animais supracitados, vacas taurinas são destituídas de mecanismos adaptativos ao calor, assim, estão sujeitas a sofrer de estresse térmico. A utilização de raças mestiças *B. indicus* x *B. taurus* na bovinocultura leiteira tem como objetivo produzir animais adaptados ao clima tropical, garantindo a eficiência produtiva que animais taurinos possuem. Por exemplo, o cruzamento entre as raças Holandês, raça taurina com maior produção de leite, com animais Gir, zebuína, resulta na raça Girolando, um animal com maior produção leiteira, quando comparado a Gir e mais adaptado ao clima tropical, além de serem mais tolerantes a ectoparasitas que os animais Holandês.

De acordo com Dikmen e colaboradores (2012) a termotolerância é uma característica hereditária, com isso, é possível selecionar geneticamente animais com a capacidade de manter a temperatura corporal em situações de estresse calórico.

A termotolerância racial é um dos determinantes para a escolha do sistema de criação. Em sistemas de produção intensiva, há diversas maneiras relacionadas às instalações que podem auxiliar na resposta adaptativa ao clima. Já em sistemas de produção extensiva, é difícil controlar as intempéries climáticas, então medidas básicas de apoio devem ser consideradas. Primariamente, em ambos os sistemas, deve-se atentar à escolha da raça mais adequada ao clima da região, tendo em vista as características de cada uma.

A “TEMPERATURA CRÍTICA SUPERIOR” DA VACA

A temperatura crítica superior da vaca de alta produção depende do ITU; duração do período de estresse calórico; grau de resfriamento natural; ventilação natural; fatores individuais do animal, como raça, tamanho, tipo de alimentação e produção de leite; disponibilidade de água; profundidade do pelo e cor do animal.

Em geral, quando as vacas excedem as condições críticas superiores entram em um status chamado de “Estresse Calórico”, caracterizado pela incapacidade da vaca de dissipar todo o calor gerado através do metabolismo de manutenção e produção. Quando “estressado termicamente”, a temperatura corporal da vaca aumentará acima do nível normal (39,0°C). O estresse calórico depende de: condições climáticas, raça, tamanho, cor, nível de produção, sistema de instalação, tipo de alimentação, entre outros.

As condições climáticas ótimas para vacas de alta produção serão as seguintes:

- Temperatura do ar: faixas entre -5°C e $+21^{\circ}\text{C}$.
- Umidade relativa: ideal menores teores de umidade.
- ITU: abaixo de 68.
- Radiação solar: ideal menor exposição.
- Velocidade do vento: pelo menos $2\text{m}'/\text{seg}$.

Estudos diferentes calcularam o declínio na produção de leite quando as condições climáticas estão acima das condições críticas superiores. Ao lidar com ITU, a produção caiu em 0,88, 0,32 e 0,20 quilos por dia para cada unidade de aumento no ITU em vacas de alta, média e baixa produção, respectivamente. Em outros estudos, a produção de leite caiu em 1,8 quilos por dia, para cada 1°C de aumento na temperatura ambiente, ou 0,38 quilos por dia para cada $0,5^{\circ}\text{C}$ de aumento na temperatura retal da vaca.

Em relação à reprodução, estudos como o De Rensis e Scaramuzzi (2003) descrevem que a concepção diminui 20 a 30% em vacas estressadas caloricamente. Além disso, estudos discorreram sobre diminuição no tempo de demonstração de estro (Orihuela, 2000), a qualidade do ócito (Roth et al., 2001) e a perda de gestação (Silanikove, 2000).

REFERÊNCIAS

- Baccari, J. F., Aguiar, I. S., Dal Fava, C., Brasil, L. H. A. and Gottschalk, A. F., 1997. Comportamento adaptativo termorregulador de vacas holandesas sob radiação solar direta, mediante o aproveitamento de sombra e água. In: Congresso de Zootecnia, 6. Evora. Actas. Lisboa: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2, 331-336.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A. and Wood, E. F., 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, *Scientific data*, 5, 180214.
- Berchielli, T. T., Messana, J. D. and Canesin, R. C., 2012. Produção de metano entérico em pastagens tropicais, *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, Salvador, 3, 954-968.
- Berry, I. L., Shanklin, M. D. and Johnson, H. D., 1964. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity, *Transactions of the ASAE*, 7, 329-0331.
- p
- Collier, R. J., Hall, L. W., Rungruang, S. and Zimbleman, R. B., 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. Department of Animal Sciences University of Arizona, 74-87.
- De Rensis, F. and Scaramuzzi, R. J., 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow--a review, *Theriogenology*, 60, 1139-51.
- Dikmen, S. E. R. D. A. L., Cole, J. B., Null, D. J. and Hansen, P. J., 2012. Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle, *Journal of Dairy Science*, 95, 3401-3405.
- Embrapa., 2018. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira, – Brasília, DF: Embrapa, 212p.
- Embrapa., 2019. Anuário Leite 2019. Sua excelência, o consumidor. Novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. EMBRAPA. 102 p.
- Hafez, E.S.E., 1973. *Adaptación de los animales domesticos*, Barcelona: Editorial Labor. 563 p.
- Hansen, P. J., 2004. Adaptações fisiológicas e celulares de zebuínos ao estresse térmico, *Ciência da reprodução animal*, 82 , 349-360.
- IPCC., 2018. Intergovernmental Panel on Climate Change. Synthesis Report: Summary for Policymakers. *ClimateChange*.
- Orihuela A., 2000. Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: a review, *Applied Animal Behavior Science*, 70, 1-16.
- Paulino, V. T. and Teixeira, E. M. L. C., 2010. Sustentabilidade de pastagens – Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa, *PUBVET, Londrina*, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 878.
- Polsky, L. and Von Keyserlingk, M. A., 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of dairy science*, 100, 8645-8657.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. and Hoogenboom, G., 2000. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function, *Journal of Dairy Science*, 83, 9, 2120–2125.
- Roth, Z., Arav, A., Bor, A., Zeron, Y., Braw-Tal, R. and Wolfenson, D., 2001. Improvement of quality of

oocytes collected in the autumn by enhanced removal of impaired follicles from previously heat-stressed cows, *Reproduction*, 122, 737-44.

Sengar, G. S., Deb, R., Singh, U., Raja, T. V., Kant, R., Sajjanar, B., Alex, R., Alyethodi, R. R., Kumar, A., Kumar, S., Singh, R., Jakhesara, S. J. and Joshi, C. G., 2018. Differential expression of microRNAs associated with thermal stress in Frieswal (Bos taurus x Bos indicus) crossbred dairy cattle, *Cell Stress and Chaperones*, 23, 155-170.

Silanikove, N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants, *Livestock production Science*, 67, 1–18.

Souto, P. L. G., 2018. “Relações entre características adaptativas, qualidade espermática e perfil proteico do plasma seminal de touros adaptados à região subtropical.” Tese (doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, p.1-132. 2018.

Thom M, E. C., 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-61, 1959.

Vilela, D., Resende, J. C. D., Leite, J. B. and Alves, E., 2017. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas, *Revista de Política Agrícola*, 26, 5-24.

EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO NO DESEMPENHO E BEM ESTAR DAS VACAS

Antônio Amaral Barbosa

Laura Valadão Vieira

Karen Cruz Freitas

Rutiele Silveira

MANUTENÇÃO DA TEMPERATURA CORPÓREA NORMAL

A manutenção da temperatura corpórea normal é uma das principais características biológicas de vacas leiteiras de alta produção. As prioridades na utilização de energia são: manutenção na quantidade de líquidos corporais; controle da temperatura corpórea normal; crescimento; produção e reprodução.

PRODUÇÃO DE CALOR

As origens de produção de calor em bovinos são as seguintes:

- Calor básico: atividade do coração, dos pulmões e do fígado.
- Calor de manutença: atividade das glândulas e do sistema digestivo.
- Calor de produção: crescimento, prenhez, reservas corpóreas e produção de leite.
- Calor de atividade: atividade geral, manifestação de calor.
- Calor de “dissipação de calor”: atividade cardiovascular, muscular e das glândulas sudoríparas.

A produção de calor da vaca é proporcional ao nível de produção e se eleva de forma linear, sendo explicado pelo metabolismo hepático que aumenta a glicogênese e síntese de lipoproteínas destinadas à produção de leite.

Vacas secas ingerem quantidades inferiores de matéria seca do que aquelas em lactação, assim, havendo menor incremento calórico. Esta categoria produz calor de 14 Mcal/dia, enquanto a vaca lactante produzindo 50 quilos de leite por dia, produz 38 Mcal/dia.

Apesar de vacas secas terem menor incremento calórico e menor desafio na termorregulação comparadas à categoria em lactação, estudos demonstram que o estresse calórico pode impactar negativamente na próxima lactação. Fabris e colaboradores (2019) avaliaram o efeito do estresse térmico durante o período seco e o desempenho posterior. Estes autores observaram que animais em ambientes resfriados durante tal período tiveram maior produção de leite até 30 semanas, além disso, o estresse pelo calor em

qualquer momento do período seco é capaz de interferir no desempenho após o parto. Ao comparar novilhas com vacas em lactação, as primeiras geram menor calor metabólico e possuem maior área de superfície corporal em relação à massa corporal, assim, estas são mais eficientes na dissipação de calor, mantendo sua temperatura corporal normal mesmo em temperatura ambiente elevada, em 33°C, por exemplo.

A temperatura corpórea de uma vaca de alta produção aumenta rapidamente com o aumento da temperatura ambiente, chegando a 39,0°C quando submetida a condições térmicas de 23-24°C. Diferentemente das novilhas, as vacas de alta produção alcançarão uma temperatura corpórea de quase 40,0°C quando a temperatura ambiente chegar a 33°C, a menos que sejam artificialmente refrigeradas.

Para entender a quantidade de calor produzida por uma vaca, pode-se comparar sua produção de calor descrita como o calor equivalente produzido por uma lâmpada de 100W. Um homem em descanso produz o calor de 1 lâmpada enquanto uma vaca Holandesa em descanso produz calor equivalente a 9 lâmpadas. Há uma produção adicional de calor de 1 lâmpada para cada 4,5 quilos de leite produzido. Uma vaca produzindo 45 kg/dia produzirá constantemente a quantidade de calor equivalente a 19 lâmpadas. Manter uma vaca de produção de 45 kg/dia exposta à radiação solar direta, adicionará o calor equivalente a 16 lâmpadas de 100W. Conseqüentemente, essa vaca terá que dissipar constantemente o calor equivalente a 35 lâmpadas de 100W. A figura a seguir representa um esquema do apresentado aqui:

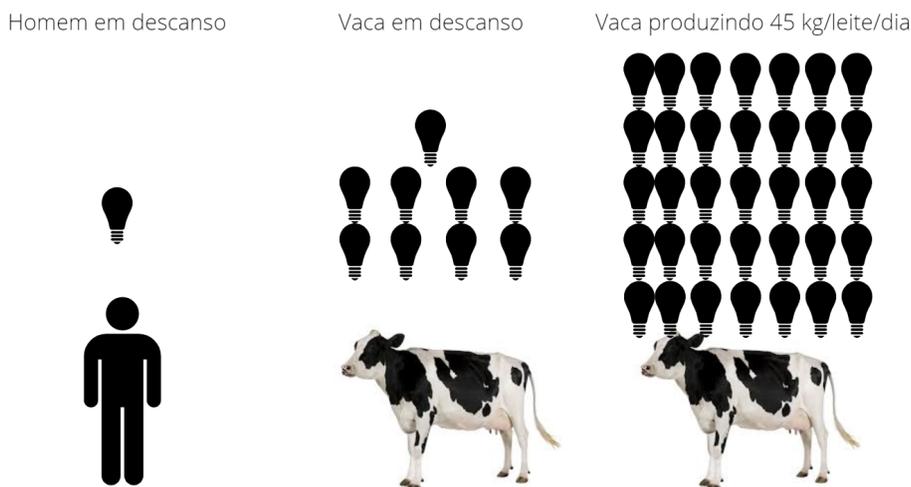


Figura 1. Representação da produção de calor comparada à quantidade de lâmpadas.

Ao descrever o equilíbrio térmico de vacas em Unidade Térmica Britânica (BTU), encontra-se uma relação próxima entre a produção de calor e o nível de produção de leite, conforme podemos ver a seguir:

- Produção de calor:

- Nível moderado de produção – 55 BTU/ft²/h
- Alto nível de produção – 65-70 BTU/ft²/h
- Dissipação de calor (naturalmente):
 - Formas evaporativas – 30 BTU/ft²/h
 - Formas não evaporativas – 10 BTU/ft²/h
- Dissipação de calor (artificialmente): 15-30 BTU/ft²/h

PERDA DE CALOR

Os mecanismos de perda de calor consistem em ativar o sistema simpático, provocar vasodilatação cutânea e evaporação da água, por meio da respiração e transpiração. Existem quatro vias de dissipação de calor disponíveis, três não evaporativas (radiação, convecção e condução) e uma evaporativa (evaporação).

Na radiação, o animal é capaz de emitir calor da superfície corporal ou absorver radiação do ambiente, ou seja, o fluxo de calor ocorre sem a ajuda do meio material. Enquanto na condução, a transferência de calor ocorre entre um animal e um objeto, como por exemplo, da superfície do corpo da vaca para o piso ou chão. Quanto à convecção, o fluxo de gás ou líquido é direcionado pelo calor, de um lugar quente para um lugar frio. Esta apresenta dois tipos, convecção livre e forçada que são explicadas, respectivamente, pelo aquecimento do ar e a utilização de ventilação artificial.

A dissipação de calor através de radiação e convecção é possível somente quando a temperatura do ar é igual ou menor do que a temperatura da pele da vaca. Quando o gradiente de temperatura é 10-15°C, quase 75% do calor da vaca será dissipado através dessas formas naturalmente. No momento em que a temperatura do ar exceder 32°C, a radiação e a convecção representam somente 10% de sua produção de calor.

Uma vez que a temperatura do ar está acima de 32°C, a vaca perderá temperatura corpórea em 1°C se receber constantemente ventilação forçada por ventiladores, criando uma velocidade de vento de 3 m'/seg. Sob condições existentes em todos os verões em muitas partes do mundo, as vacas de alta produção precisam contar com a evaporação (natural ou artificial) para dissipar todo o calor gerado no processo de produção.

Em relação às formas evaporativas, a evaporação da água é um processo de resfriamento, pois, utiliza o calor corpóreo para converter água líquida em vapor. A vaca perde calor do corpo por evaporação da água através da transpiração (evaporação da superfície da pele, responsável por 75% da perda de calor evaporativa total) e respiração (evaporação do trato respiratório superior, representando cerca de 25% da perda total de calor). Há ainda, a evaporação da pele de forma artificial, através do umedecimento.

A transpiração de bovinos não é eficiente. A vaca pode transpirar quase 300 g/m²/hora, comparado com 1000 e 1200 g no homem e no cavalo, respectivamente. A evaporação é, em geral, a via mais efetiva para perda de calor na vaca.

Sabe-se que a evaporação de água da pele é 16 vezes mais eficiente do que somente

beber água gelada. A evaporação de água da pele da vaca através do umedecimento e ventilação forçada é 5 vezes mais efetiva no resfriamento das vacas, se comparado com somente umedecimento ou ventilação forçada nas vacas. A cada 1 grama de água evaporada da pele da vaca equivale à perda de 0,56 kcal.

As diferenças de perda de energia são descritas na figura a seguir:

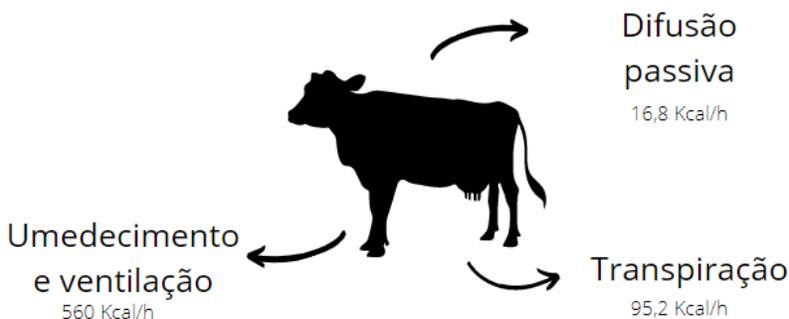


Figura 2. Diferenças da quantidade de perda de energia através dos diferentes mecanismos.

A perda total de calor pela pele (vasodilatação e transpiração) é proporcional ao nível de produção da vaca. Estas duas formas ocorrem, em vacas secas, a 39°C; em vacas com 10 kg de produção de leite por dia, a 35°C; e apenas 23°C em vacas com produção de 40 quilos de leite por dia. Isso significa que a vaca de alta produção está em “pleno funcionamento” de seus mecanismos corpóreos de dissipação de calor sob condições relativamente frescas, existindo na maioria dos dias do verão nas principais partes do setor leiteiro mundial.

Sob condições de clima moderado (20°C), quase 75% da dissipação de calor das vacas é através de formas não evaporativas, enquanto quando a temperatura ambiente alcança 30°C (acima da temperatura da pele da vaca), a dissipação de calor através de formas não evaporativas representa somente 10% do total de dissipação de calor, enquanto as formas evaporativas representam 25% e 65% através da respiração e transpiração, respectivamente.

Os fatores que afetam a efetividade da perda evaporativa de calor são: umidade relativa; intensidade da radiação; velocidade do vento; qualidade do umedecimento; tamanho do pelo e camada ampla de gordura.

MUDANÇAS FISIOLÓGICAS EM VACAS COM ESTRESSE TÉRMICO

Um dos primeiros mecanismos fisiológicos ativados é a vasodilatação periférica, pois, assim facilita a dissipação de calor através da transpiração e respiração, cujo aumento deste último é a primeira característica observada em casos de estresse calórico. Como

estes métodos são ineficientes, nota-se aumento da temperatura corporal e taquipneia.

Em decorrência da expansão dos vasos sanguíneos cutâneos, há redução do fluxo sanguíneo nos sistemas digestório, reprodutivo e alterações na atividade hormonal. Devido a essas mudanças, ocorrem alterações fisiológicas como aumento do fluxo sanguíneo cutâneo, redução da produção urinária, redução da salivação e na capacidade de tamponamento, a consequência disso, é a redução do pH e taxa da taxa de passagem ruminal em decorrência da menor ingestão de matéria seca.

Animais estressados termicamente têm alterações no mecanismo ácido-básico. A nível digestório, estas vacas são mais predispostas à acidose ruminal devido à reduzida capacidade de tamponamento salivar já mencionada. Além disso, vacas em estresse térmico têm aumento da frequência respiratória, com isso, mais CO₂ é eliminado do que é produzido, diminuindo os níveis séricos deste e resultando em alcalose respiratória. Como mecanismo regulatório, os rins aumentam a excreção de bicarbonato pela urina, o que diminui a sua concentração sanguínea, ocasionando acidose metabólica compensatória.

A perda na produção leiteira resulta da temperatura e umidade relativa do ar elevadas, além de radiação solar intensa, que comprometem a ingestão de matéria seca, bem como pela alteração do fluxo da energia metabolizável para a manutenção da temperatura corporal. Com isso, ocorrem alterações na fisiologia da glândula mamária, que culminam com a alteração na composição do leite.

Além de tais motivos, segundo Amaral et al. (2009), animais em estresse calórico possuem maiores níveis séricos de insulina, menores concentrações de ácidos graxos não esterificados (NEFA) e desacoplamento do eixo somatotrófico, aumentando níveis de hormônio de crescimento enquanto diminui fator de crescimento semelhante à insulina-1. O aumento sérico de insulina resulta em maior aporte de glicose para tecidos como adiposo e muscular, diminuindo assim para a glândula mamária. Ainda, há diminuição das taxas do hormônio tiroxina de forma a limitar a estimulação metabólica e a produção de calor.

Embora os animais apresentem redução na ingestão de alimentos e muitas vezes entrem em balanço energético negativo (BEN), os níveis de ácidos graxos não esterificados (AGNE) são baixos na corrente sanguínea, visto que, diferente do que ocorre no período de transição, vacas em BEN termicamente estressadas apresentam menor lipomobilização. Nesse momento uma das principais fontes de energia não são os lipídios e sim os aminoácidos, que são utilizados na gliconeogênese, além da maior oxidação da glicose. Por esse motivo algumas estratégias de minimização do estresse térmico envolvem a utilização de aminoácidos, o que será abordado posteriormente. Além disso, de acordo com Wheelock et al. (2010), as menores concentrações de AGNE sanguíneo podem ser uma adaptação à hipertermia, pois a beta-oxidação deste metabólito produz mais calor endógeno que a oxidação de carboidratos. Devido à dificuldade desses animais em preservar a glicose para produção de lactose, há o resultado em diminuição da produção.

Foi visto anteriormente que a produtividade está relacionada ao aumento do calor metabólico. Animais mais produtivos são de raças com pequena proporção entre superfície/volume corporal, com isso, a dissipação desta energia para o ambiente é dificultada. Segundo West (2003), como tentativa de redução do calor metabólico, acontece a diminuição dos níveis de somatotropina do leite quando o ITU ultrapassa 70. A tabela a

seguir demonstra a quantidade de calor metabólico produzido a partir do catabolismo de cada 1 grama de nutriente:

Nutriente	Calor produzido (kJ/g)
Carboidrato	15,5
Gordura	31,4
Proteína	9,2

Tabela 1: Calor produzido a partir do catabolismo de 1 grama de carboidrato, gordura e proteína.

Fonte: Lehninger, 2003.

A partição de nutrientes para o fornecimento de energia é diferente em animais termo-neutros e termo-estressados. A imagem abaixo demonstra as diferenças deste processo quanto à termoneutralidade.

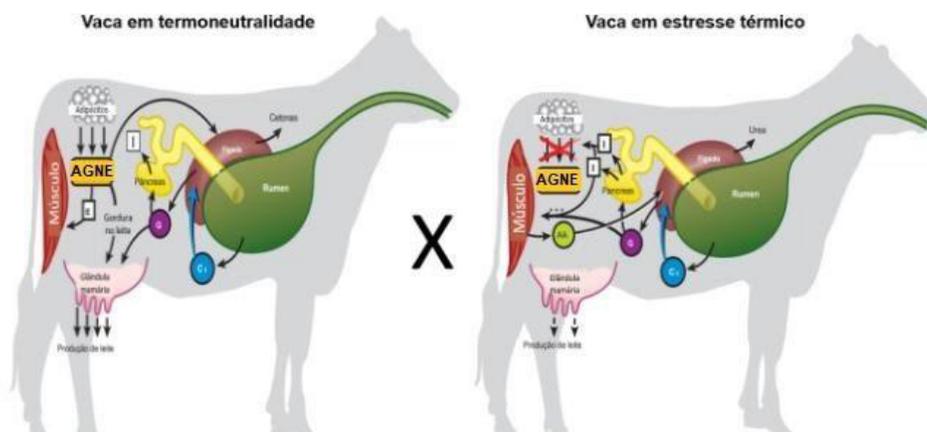


Figura 3: Diferenças quanto à partição de nutrientes em vacas sem e com estresse calórico. I: insulina. G: glicose. C3: propionato. E: energia. AA: aminoácido. NEFA: ácidos graxos não esterificados. Adaptado de Baungard; Rhoads (2013).

No metabolismo de carboidratos, há acréscimo da glicose hepática e oxidação da mesma a qual é resultado de maior glicogenólise e gliconeogênese. Este último é ocasionado por aumento da expressão gênica de piruvato carboxilase a nível hepático. Além disso, há maiores níveis séricos de lactato decorrente do efluxo sanguíneo do músculo esquelético devido à atividade adrenérgica, dentre elas, a vasodilatação periférica.

Quanto ao metabolismo proteico, o aumento da temperatura ambiental reduz a síntese de RNA mensageiro, consequentemente, há diminuição da produção de proteínas. Ademais, o catabolismo da proteína muscular é elevado devido a este nutriente produzir menor calor metabólico, como observado por Wheelock e colaboradores (2010).

Referente ao metabolismo energético intracelular, células hipertérmicas têm alteração

do complexo piruvato desidrogenase, conjunto enzimático responsável por controlar o fluxo de glicose e conversão do piruvato em acetil-CoA. A inativação de tal complexo tem como objetivo de ser um mecanismo poupador de glicose. Ademais, estudos indicam que as mitocôndrias são afetadas diretamente pelo estresse calórico, alterando sua morfologia. Como tais organelas são importantes para produção de energia, o dano mitocondrial é prejudicial à capacidade da célula compensar o aumento da demanda energética imposta por estresse ambiental, assim como, pode contribuir para a elevação do estresse oxidativo.

Quanto aos impactos de altas temperaturas na reprodução, sabe-se que há redução do comportamento de cio, alteração do desenvolvimento e crescimento folicular assim como as taxas de concepção. A produção de estradiol é prejudicada devido à diminuição de receptores de FSH nas células da granulosa, este fato associado à manutenção do corpo lúteo, acarreta em prolongação da fase luteínica.

Segundo Collier (2012), a cada classificação de tipo de estresse (leve, moderado, severo) há alterações na fisiologia da vaca. No limite de estresse calórico, a taxa respiratória e temperatura retal excedem 60 mrpm e 38,5°C, respectivamente, assim como inicia-se a perda de produção leiteira e função reprodutiva. Quanto ao estresse leve-moderado, frequência respiratória temperatura retal ultrapassam 75 mrpm e 39°C. No estresse moderado-severo e severo, as taxas respiratórias e de temperatura são de 85 mrpm e 40°C para o primeiro, e 120-140 mrpm e 41°C para a segunda classificação.

MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS EM VACAS COM ESTRESSE TÉRMICO

A vaca com estresse calórico altera seu comportamento, com o objetivo de se adaptar às condições de estresse calórico, reduzir a produção de calor e aumentar a perda do mesmo. As seguintes mudanças comportamentais ocorrem:

- Redução da atividade geral.
- Parada da ruminção.
- Aumento da ingestão de água.
- Redução do consumo de alimentos e consumo em horas mais frias.
- Busca por áreas com sombra ou úmidas.
- Animais em pé e ofegantes.
- Vacas tornam mais indispostas.
- Busca por áreas naturalmente ventiladas.
- Redução do comportamento de cio e produção leiteira.

Além das alterações comportamentais anteriormente citadas, Polsky e Keyserling (2017) especulam, baseados em estudos com roedores, galinhas, equídeos e suínos, que vacas em estresse calórico, devido à dificuldade de resfriamento, tornam-se agressivas e

frustradas. A frustração é iniciada pela relação conflitante entre deitar para descansar ou permanecer em estação para termorregular, com isso, há quebra do ciclo de recompensa (descanso ou adequada termorregulação) e a vaca não consegue obter o alívio térmico.

Quanto ao comportamento agressivo, Vizzotto e colaboradores (2015) relatam que este tipo de reação é relacionado à competição pelo acesso à sombra. Corroborando a estes autores, Schutz et al. (2010) descrevem que a maior disponibilidade de sombra reduz o comportamento agressivo dos animais.

COMO SABER SE A VACA ESTÁ EM ESTRESSE CALÓRICO?

É possível avaliar a taxa de respiração e temperatura corporal com a observação da respiração e utilização de termômetro retal, respectivamente. A temperatura corporal deve ser entre 38°C a 39,2°C e a taxa respiratória de menos de 60 movimentos respiratórios/minuto. Quando a temperatura corpórea fica entre 39°C e 39,5°C e a taxa respiratória entre 60 e 80 respirações/minuto, as vacas são consideradas em estresse calórico moderado. À medida que os valores de temperatura retal e frequência respiratória ultrapassam 39,5°C e 80 movimentos respiratórios/minuto, os animais entram em estresse calórico severo.

REFERÊNCIAS

- Amaral, B. C., Connor, E. E., Tao, S., Hayen, J., Bubolz, J. and Dahl, G. E., 2009. Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation?, *Journal of dairy science*, 92, 5988-5999.
- Baumgard, L. H. and Rhoads, R. P., 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics, *Annual Reviews Animal Biosciences*, 1, 311-37.
- Blackshaw, J. K., 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34, 285-95.
- Collier, R. J., Hall, L. W., Rungruang, S. and Zimbleman, R. B., 2012. Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance, *Department of Animal Sciences University of Arizona*, 68.
- Cunningham, J. G. and Klein, B. G., 2004. *Tratado de Fisiologia Veterinária (3ª edição)*. Ed. Guanabara Koogan, São Paulo, 596p.
- Fabris, T. F., Laporta, J., Skibieli, A. L., Corra, F. N., Senn, B. D., Wohlgemuth, S. E. and Dahl, G. E., 2019. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle, *Journal of dairy science*, 102, 5647-5656.
- Feitosa, F. L. F., 2014. *Semiologia veterinária: A arte do diagnóstico-3º*. São Paulo, 640p.
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M., 2003. *Princípios de Bioquímica*. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 839p.
- Morais, D. A. E. F., Maia, A. S. C., Silva, R. G. D., Vasconcelos, A. M. D., Lima, P. D. O. and Guilhermino, M. M., 2008. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 538-545.
- Polsky, L. and Von Keyserlingk, M. A., 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of dairy science*, 100, 8645-8657.
- Ricci, G. D., Orsi, A. M. and Domingues, P. F., 2013. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão, *Veterinária e zootecnia*, 9-18.
- Silva, R. G., 2000. Termorregulação. In: *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 119-58.
- Schütz, K. E., Rogers, A. R., Poulouin, Y. A., Cox, N. R. and Tucker, C. B., 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle, *Journal of Dairy Science*, 93, 125-133.
- Vizzoto, E. F., Fischer, V., Thaler Neto, A., Abreu, A. S., Stumpf, M. T., Werncke, D., Schmidt, F. A. and McManus, C. M., 2015. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics, *Animal*, 9, 1559-1566.
- West, J. W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *Journal of dairy science*, 86, 2131-2144.
- Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Sanders, S. R., Baumgard, L. H., 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows, *Journal of dairy Science*, 93, 644-655.

PERDAS DE DESEMPENHO CAUSADAS PELO ESTRESSE CALÓRICO

Antônio Amaral Barbosa

Laura Valadão Vieira

Karen Cruz Freitas

Rutiele Silveira

O aumento da temperatura e umidade do ambiente impõem uma situação de desconforto ao animal, onde há um acréscimo na demanda energética, acompanhado de uma redução no consumo de matéria seca, sendo este um dos fatores que provoca o comprometimento na síntese do leite.

Neste sentido, às perdas produtivas, provocadas pelo estresse térmico, se não minimizadas tendem a comprometer a oferta de alimentos a nível nacional e mundial, o que se torna crítico diante do crescente aumento populacional. No entanto, além da redução no volume de leite produzido, o estresse gerado pelo calor representa um aumento nos custos de produção que se devem à diminuição na eficiência alimentar, índices reprodutivos baixos, aumento na incidência de doenças e outros eventos indesejáveis que resultam da hipertermia, principalmente em vacas de alta produção, que são as mais severamente atingidas pelo distúrbio.

O ESTRESSE TÉRMICO E O CONSUMO DE MATÉRIA SECA

O estresse térmico se estabelece quando a temperatura corporal, que é resultado dos processos metabólicos, somado a temperatura ambiente, ultrapassam a capacidade do animal em dissipar calor. As aclimações fisiológicas do indivíduo, por sua vez, não conseguem controlar a quantidade de calor ambiental que é absorvida pelo corpo, portanto seu mecanismo de ação se concentra em reduzir o calor endógeno, ou seja, aquele produzido pelo animal. Por esse motivo, são observadas alterações na ingestão de matéria seca, visto que, o processo de fermentação ruminal é responsável por aumentar o calor metabólico.

As respostas desencadeadas pela hipertermia são resultado de estímulos periféricos ao sistema nervoso central, no centro termorregulador, localizado na região do tálamo e do hipotálamo, a intensidade dos estímulos e das respostas dependerá dos índices produtivos de cada animal (Figura 4).

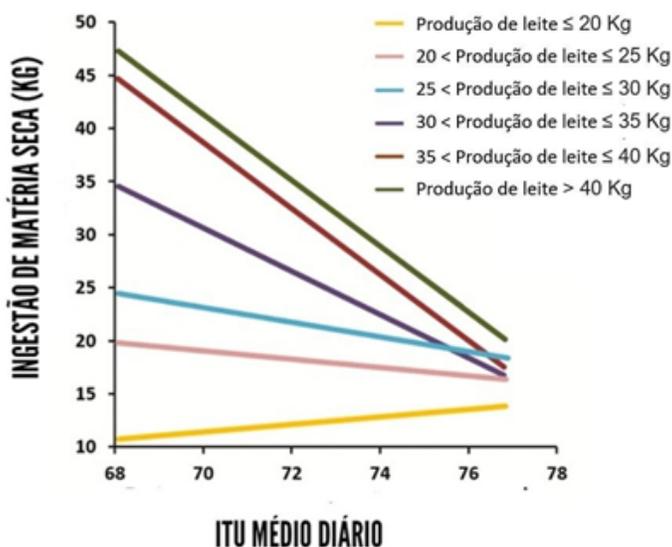


Figura 4. Redução na ingestão de matéria seca (Kg) de acordo com o índice de temperatura e umidade e média de produção leiteira (Kg). Adaptado de Collier et al. (2019).

O estresse térmico pode ser responsável por quadro de acidose ruminal, visto que há o tamponamento salivar ineficiente, conforme descrito anteriormente. O que se torna mais grave mediante a queda de consumo alimentar, pois este evento diminui a taxa de ruminação e essa ao estar reduzida, não estimulará a salivação, logo a regulação do pH rúmen se torna ainda mais comprometida. Assim, durante a fase aguda, que pode durar por dias ou semanas, o estresse térmico está ligado ao desenvolvimento de:

- Redução no consumo alimentar em 0,85% a cada 1°C acima da termoneutralidade;
- Redução da eficiência nutricional em 5, 15 ou até 23%;
- Aumento no requerimento energético em 7 a 25%;
- Alcalose respiratória;
- Acidose Ruminal.

ESTRESSE TÉRMICO E A SÍNTESE DO LEITE

No mesmo sentido de reduzir a produção de calor endógeno, ocorre uma diminuição na síntese do leite. Pois a vaca quanto mais produtiva, maior calor ela gera, e mais sensível termicamente ela se torna. Estudos recentes demonstram que animais com produção diária de 31.6Kg/dia apresentam o aumento em 17% de calor endógeno quando comparados com os que produzem 18.5/Kg/dia (Figura 5).

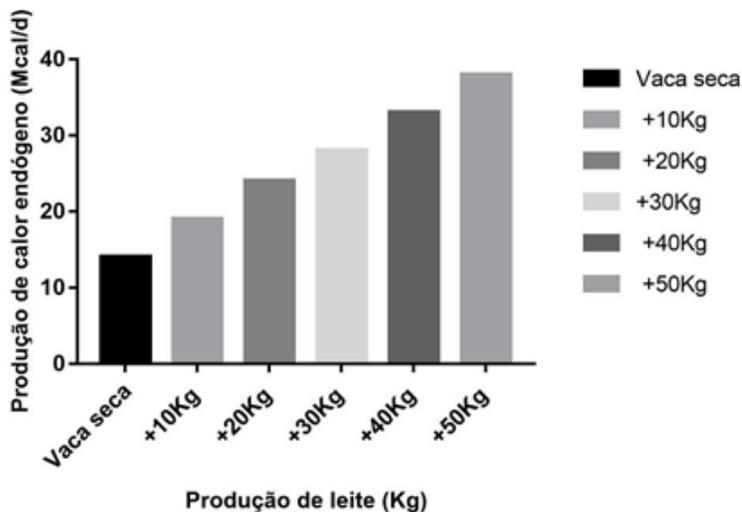


Figura 5. Produção de Calor endógeno de acordo com o volume de leite produzido. Adaptado de Flamenbaum (2013).

Ainda, segundo Gun et al. (2019), a produção de leite irá diminuir em 174 ± 7 Kg/vaca/década do século XXI, devido ao estresse térmico. A redução na síntese do leite é resultado de alterações no consumo de alimentos, modificações hormonais, células mamárias lesionadas pela hipertermia, em alguns casos pela incidência de mastite e também pela priorização da regulação da temperatura corporal, sendo os nutrientes ingeridos desviados para a manutenção da homeotermia. Assim, a conversão alimentar encontra-se alterada, um animal que antes consumia 1Kg para produzir um 1.4Kg de leite, durante o estresse térmico, passa a produzir 1.2Kg.

Além das perdas na produção, pode haver um aumento na incidência de mastite nos períodos de calor, pois a sobrevivência e multiplicação de patógenos é favorecida pelas condições climáticas, também são relatadas alterações na resposta imune dos animais durante períodos de hipertermia e estas propiciam o aumento na taxa de infecções. A resposta imune inata é a primeira linha de defesa que atua imediatamente quando o corpo é exposto a uma infecção ou desafio imunológico, alguns de seus constituintes são, a pele, membrana e mucosas. Durante o estresse térmico, devido a lesões celulares demarcadas pelo aumento de proteínas de choque térmico (HSP), ocorre o comprometimento na sua funcionalidade, o que aumenta permeabilidade dos tecidos a patógenos. Quando as barreiras físicas falham, o sistema imune inato atua facilitando a migração de neutrófilos e monócitos para o local da infecção e estes realizam a fagocitose do patógeno. Porém, já foi relatado que durante o estresse térmico, ocorre o aumento das concentrações plasmáticas de cortisol, hormônio corticosteróide que provoca ação inibitória sobre o sistema imunológico, o que afeta a atividade fagocitária. Além disso a concentração de neutrófilos e monócitos é variável durante o estresse térmico e conflitante entre os estudos, muitos autores já encontraram a redução na concentração dessas células no sangue e outros o aumento. Enquanto outros autores sugerem que há a redução na quimiotaxia de

neutrófilos para o local da inflamação.

Em vacas termicamente estressadas ocorre uma redução na concentração de linfócitos, estes possuem como função a produção de imunoglobulinas e modulação da resposta imune. Também durante a hipertermia ocorre o aumento da circulação de interleucina-10, um imunossupressor que inibe a atividade de macrófagos e por consequência altera negativamente a função das células Natural Killer e células T.

ALGUNS DOS IMPACTOS GERADOS PELO ESTRESSE TÉRMICO NO VOLUME DE LEITE PRODUZIDO:

- Queda no “pico de lactação” em 5 a 10Kg de leite dia;
- Queda na produção anual de leite (10-30%).
- A produção de leite reduz em 0,41 Kg/vaca/dia com o ITU superior a 69.

EXEMPLOS DE ALTERAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DO LEITE GERADOS PELA REDUÇÃO DE CONSUMO ALIMENTAR, PRIORIZAÇÃO DA TERMORREGULAÇÃO EM DETRIMENTO DA SÍNTESE DO LEITE E LESÃO CELULAR DEVIDO A HIPERTERMIA:

- Redução na concentração de gordura, proteína e lactose do leite em aproximadamente 0,3%, 0,13% e 0,19%, respectivamente.
- Aumento na CCS no leite (100.000).
- Maior incidência de doenças como mastite;
- Redução no status imune e de saúde (especialmente úbere).

Os impactos negativos na produção de leite dependeram da paridade, do estágio de lactação e dos índices produtivos do animal. Em um estudo desenvolvido por Tao et al. (2020), onde foram avaliadas 57 vacas multíparas do meio para o final de lactação, alojadas em sistema *free stall* equipado de ventilação. Foram observados que mais velhas, quando submetidas ao estresse térmico, apresentaram redução em até 12kg/dia na síntese do leite, enquanto vacas mais novas diminuíram a produção em em no máximo 9kg/dia aproximadamente. Para a obtenção do dado não foi considerado a utilização de ferramentas que auxiliam nas trocas de calor, tais como, ventilação e aspersão, por exemplo (Figura 6).

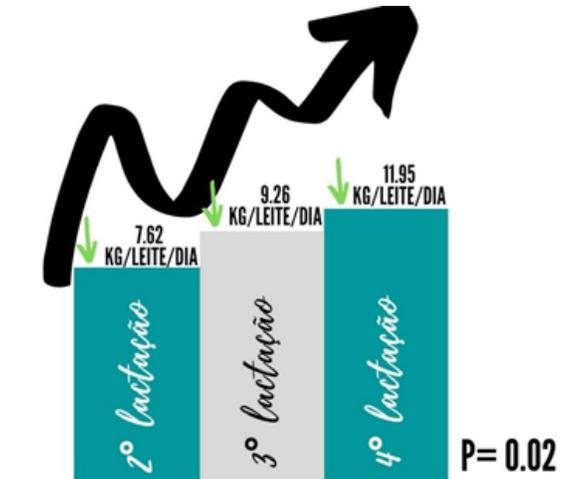


Figura 6. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de leite em vacas de diferentes lactações. Adaptado de Tao et al. (2020).

Outros fatores que determinam a sensibilidade do animal ao estresse térmico e determinam a síntese do leite:

- Raça;
- Cor da pelagem e da pele;
- Fase da lactação (início, meio, fim);
- Tipo de alimentação (especialmente fonte e teor de fibras);
- Tipo de instalações (presença ou não de sistemas de ventilação, aspersão, nebulização ou sombra);
- Tipo de manejo.

Quanto a lesão celular provocada pela hipertermia, esta se deve ao fato de que as células apresentam funcionamento ótimo quando a temperatura corporal do indivíduo se encontra dentro do fisiológico, no caso de bovinos adultos na faixa de 38°C a 39.2°C. Diante da hipertermia ocorre desnaturação das proteínas celulares, comprometimento da síntese de desoxirribonucleotídeo (DNA) e ribonucleotídeo (RNA), lesões mitocôndrias que prejudicam a manutenção energética celular e apoptose. Estes são alguns dos motivos pelos quais o estresse térmico afeta a síntese do leite, no entanto, também são observados prejuízos quando o distúrbio acomete vacas durante o período seco, onde ocorre o retardo na apoptose celular, devido às elevadas concentrações de prolactina e HSP's, o que compromete a recuperação do tecido mamário e conseqüentemente impacta na futura lactação. O estudo de Dado-Senn et al. (2019), por exemplo, verificou uma menor presença de alvéolos mamários e em virtude disso um decréscimo na capacidade secretora em vacas que foram submetidas ao estresse térmico durante o período seco (Figura 7).

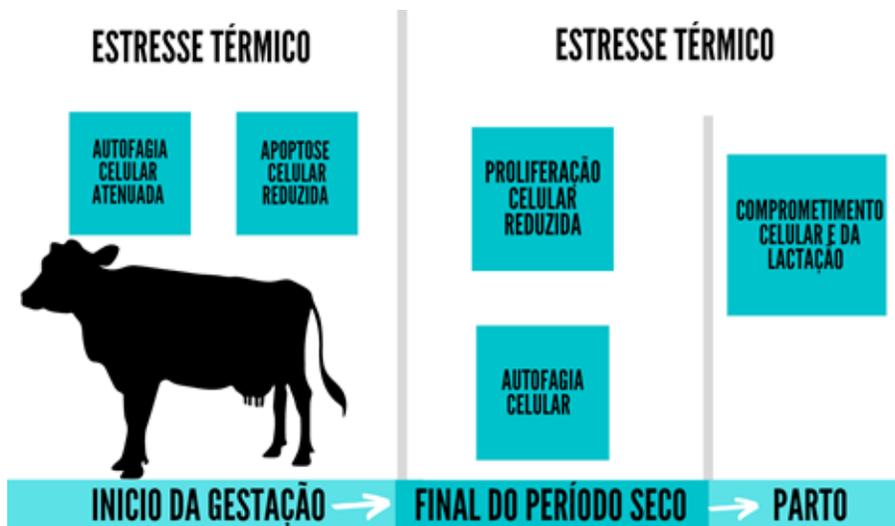


Figura 7. Eventos celulares na glândula mamária que ocorrem durante o período seco em vacas submetidas ao estresse térmico. Adaptado de Dahl et al. (2017).

ESTRESSE TÉRMICO NAS VACAS E O DESEMPENHO DAS PROGÊNIES

- Nascimento de bezerros com menos peso;
- Menor concentração de imunoglobulinas no colostro, comprometendo a saúde e o desenvolvimento de bezerros;
- Menor concentração de imunoglobulina G no colostro em 22,3% vacas termicamente estressadas.
- Aumento da mortalidade de bezerros (5-10%).

As condições em que vaca é exposta durante a gestação é determinante ao fenótipo da progênie. Assim, situações como, desafios nutricionais, ocorrência de doenças e distúrbios como o estresse térmico irão comprometer a expressão do potencial genético da prole. Inclusive, o estresse térmico ao acometer as vacas em início de gestação suprime a liberação de Interferon tau, ou seja, afeta o reconhecimento fetal e por conta disso induz ao aborto. Uma outra via pela qual pode ocorrer a perda gestacional é devido a vasodilatação periférica, que ocorre para promover a perda de calor na forma evaporativa, pois devido a esse mecanismo aumenta a temperatura intra-uterina, o que desencadeia a liberação de prostaglandina.

Quando as vacas são acometidas pelo estresse térmico no final da gestação, ocorre comprometimento no desenvolvimento corporal das progênies, além da menor produção de leite na primeira lactação. Em estudos de Monteiro et al. (2016) e Skibel et al. (2018), foram observados redução no volume de leite produzido em 5.1Kg/d na primeira lactação de filhas de vacas submetidas ao estresse térmico no final da gestação.

Os bezerros provenientes de fêmeas termicamente estressadas apresentam um desenvolvimento corporal tardio quando comparados as progênes de vacas termoneutras (Figura 8). Um dos motivos que justifica o menor desempenho situa-se na vasodilatação periférica que diminui a chegada de nutrientes ao feto no final da gestação e também pela menor secreção de imunoglobulinas no colostro de vacas estressadas pelo calor (Figura 8). Sabe-se que é necessário que o bezerro ingira de 4 a 6 litros dessa secreção láctea nas primeiras 6, 12 a 24 horas de vida, para que obtenha a imunidade passiva. Porém, quando o colostro é de má qualidade, ou seja, com menor concentração de imunoglobulinas, por exemplo, a imunidade não é adquirida de forma adequada, o que compromete a resistência dos neonatos a enfermidades e irá refletir diretamente no desempenho zootécnico.

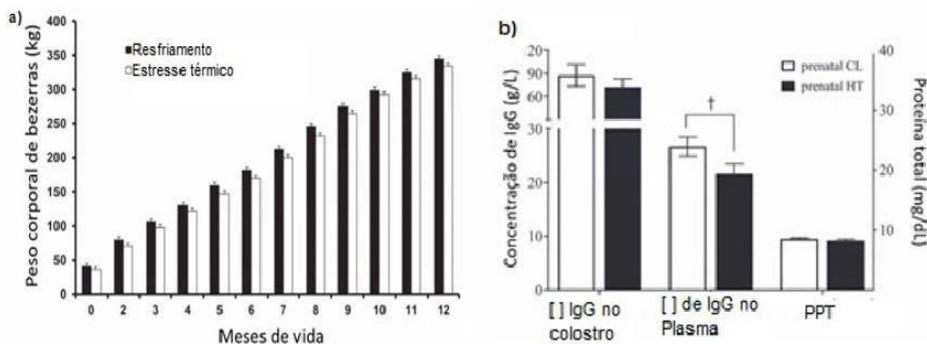


Figura 8. a) Peso corporal de bezerras, filhas de vacas resfriadas e em estresse térmico, do nascimento até os 12 meses de vida. Bezerras nascidas de vacas expostas ao resfriamento durante o período seco foram mais pesadas ($p = 0,04$) em comparação com aquelas nascidas de vacas em estresse térmico. Adaptado de Monteiro et al. (2016). b) concentração de IgG no colostro de vacas termicamente estressadas e resfriadas, concentração de IgG no plasma e PPT de bezerras filhas de vacas estressadas termicamente e resfriadas. † e ‡ indicam significância ($P \leq 0,05$) e tendências ($0,10 \geq P > 0,05$) para o tratamento pré-natal, respectivamente. []- Concentração, IgG- Imunoglobulina G, PPT- proteínas plasmáticas totais, CL- resfriadas, HT- estressadas termicamente. Adaptado de Dado- Senn et al. (2020).

A menor concentração de imunoglobulinas no colostro está ligada ao fato de que durante o estresse térmico, ocorre o menor aporte de proteínas para a glândula mamária, pois este nutriente é destinado para a obtenção de energia via gliconeogênese. Além de que a vasodilatação periférica diminui o fluxo sanguíneo para o tecido mamário, fato que compromete a partição de nutrientes. Ainda, existe uma competição pela utilização das proteínas que chegam na glândula mamária, sendo que parte destas são destinadas para a recuperação das células lesionadas pela alta temperatura e outra fração irá compor o colostro e posteriormente o leite.

O estresse térmico, também pode ser responsável por alterar os gametas das progênes, os que irão dar origem as netas, ou seja, determinar o fenótipo da terceira geração. Um estudo conduzido por Laborta et al. (2020), objetivou quantificar o efeito do estresse térmico no final da gestação sobre o desempenho reprodutivo, produtivo e sobrevivência de bezerras filhas e netas de vacas sob refrigeração e estressadas termicamente, durante os últimos 46 dias de gestação. As filhas de vacas termicamente estressadas apresentaram

menor longevidade quando comparadas com as progênes de vacas resfriadas ($p = 0,01$). Não houve diferença na longevidade das netas. As filhas de vacas submetidas ao estresse térmico, mesmo sendo mantidas em condições de resfriamento, apresentaram menor produção de leite, nos primeiros 35 dias, da primeira, segunda e terceira lactação ($p < 0.001$). O mesmo foi observado nas netas, que apresentaram menor produção de leite na primeira lactação (semanas 19, 20, 21 e 33 $p < 0.05$) e (semanas 22 a 32 $p < 0.01$). Não foram encontradas diferenças estatísticas no desempenho reprodutivo das filhas e nem das netas.

ESTRESSE TÉRMICO E O DESEMPENHO REPRODUTIVO

- Redução na taxa de detecção de cio em até 80%.
- Comprometimento no desenvolvimento folicular e na qualidade do óvulo.
- Maior ocorrência de abortos em 12.2%.
- Aumento de chance de partos prematuros em 3.6%.
- Aumento no tempo de ovulação com relação ao tempo de inseminação.
- Sazonalidade na distribuição dos partos (sazonalidade na oferta de leite à indústria processadora).
- Redução em 23% nas taxas de concepção (García-Ispierto et al., 2017).
- A exposição a ITU de 72 ou mais do dia 35 ao dia 6 após a inseminação reduziu em aproximadamente 30% as taxas de concepção (Morton et al., 2007).
- A taxa de concepção nos últimos 18 anos tem sido de 27.7% no verão contra 42.6% no inverno (Wolfenson; Roth, 2019).
- Maior incidência de retenção de placenta, metrite, cistos ovarianos em 9.5%, 10.4%, 9.0%, respectivamente.

As fêmeas bovinas submetidas ao estresse pelo calor apresentam seus índices reprodutivos comprometidos, devido a fatores como a menor concentração sérica de estradiol, o que compromete a manifestação de estro. Menor liberação de inibina pelos folículos ovarianos, resultando na dominância de mais de um folículo, o que conseqüentemente aumenta as chances de partos gemelares, estes são indesejáveis por estarem associados ao maior risco de natimortos e de complicações no período de transição, tais como, cetose, hipocalcemia e menor desempenho reprodutivo futuro, visto que, estas fêmeas são mais desafiadas se comparadas às de gestação simples. Também há a diminuição na síntese e função do hormônio luteinizante (LH), evento este, responsável por afeta o desenvolvimento folicular e a ovulação. Além da menor secreção de progesterona, dificultando a manutenção da gestação (Figura 9).

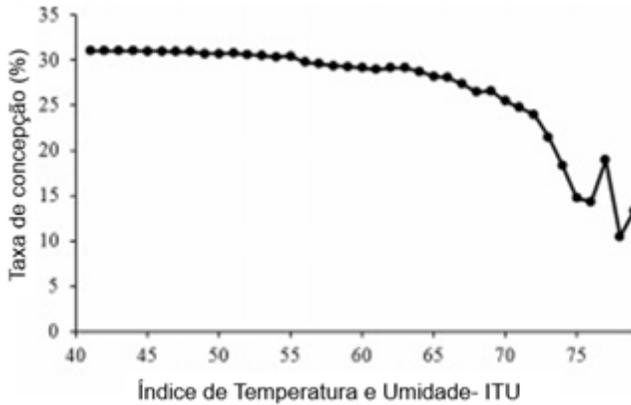


Figura 9. Taxa de concepção de vacas (n= 7252) expostas ao estresse térmico durante o dia do manejo reprodutivo. Adaptado de Schuller et al. (2014).

O estresse térmico ao acometer os machos, provoca prejuízos a espermatogênese, o que é detectado pela baixa concentração de espermatozoides no sêmen ou ainda presença de espermatozoides morfologicamente anormais e com motilidade reduzida, o que também irá influenciar nas taxas de concepção da propriedade, quando não há a utilização de biotécnicas reprodutivas.

Ademais, o estresse térmico:

- Aumento na taxa de descarte em 10 a 15%, devido a fatores como, problemas produtivos, reprodutivos e de saúde;
- Mortalidade das vacas em estresse térmico aumenta em 47.5%;
- Risco de sepse.

O risco de sepse, descrito primeiramente em ratos, advém de um quadro de hipóxia intestinal, provocada pelo desvio do fluxo de sangue para a periferia corporal, da hipertermia e também de uma maior formação de espécies reativas ao nitrogênio e oxigênio, que danificam a membrana celular. Em decorrência desses eventos, ocorre o aumento da permeabilidade dos enterócitos para as bactérias do lúmen intestinal, que penetram à corrente sanguínea, induzem a uma resposta inflamatória generalizada e podem prejudicar o funcionamento dos órgãos, fazendo com que o quadro clínico se agrave para choque séptico e morte.

REFERÊNCIAS

- Bernabucci, U., Basiricò, L., Morera, P., Dipasquale, D., Vitali, A., Cappelli, F. P. and Calamari, L. U. I. G. I., 2015. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows, *Journal of dairy science*, 98, 1815-1827.
- Bhakat, C., 2005. Factors affecting morbidity and mortality of perinatal dairy calves, *Veterinary Practitioner*, 6, 73-79.
- Bosque, M. M., Alba, V., Gaytán, L., García, J. E. and Mellado, J., 2019. Effect of age at first calving and heat stress at parturition on reproductive efficiency and postpartum disorders in Holstein heifers, *Spanish journal of agricultural research*, 17, 405.
- Bouamra, M., Ghozlane, F. and Ghozlane, M. K., 2017. Factors affecting reproductive performance of dairy cow in Algeria: Effects of clinical mastites, *African Journal of Biotechnology*, 16, 91-95.
- Castro, S. V., Lobo, C. H., de Figueiredo, J. R. and Rodrigues, A. P. R., 2013. Heat shock protein Hsp70: structure and action in response to cellular stress, *Acta Veterinaria Brasilica*, 7, 261-271.
- Cattellam, J. and Vale, M. M., 2013. Estresse térmico em bovinos, *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 108, 96-102.
- Collier, R. J., Baumgard, L. H., Zimelman, R. B. and Xiao, Y., 2019. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation, *Animal Frontiers*, 9, 12-19.
- Collier, R. J., Renquist, B. J. and Xiao, Y., 2017. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress, *Journal of dairy science*, 100, 10367-10380.
- Dado-Senn, B., Acosta, L. V., Rivera, M. T., Field, S. L., Marrero, M. G., Davidson, B. D., Tao, S., Fabris, T. F., Cólón, G. O., Dahl, G. E. and Laporta, J., 2020. Pre-and postnatal heat stress abatement affects dairy calf thermoregulation and performance, *Journal of Dairy Science*, 103, 4822-4837.
- Dado-Senn, B., Laporta, J. and Dahl, G. E., 2020. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny, *Theriogenology*. 154, 17-23.
- da Cruz Favaro, P., Pereira, G. R., Barca Jr, F. A., Seneda, M. M., Assunção, A. C. A., da Silva, I. D., Franco E. M. V., Galdioli, V. H. G. and Kotz Jr, C., 2019. Avaliação da temperatura escrotal em diferentes formatos testiculares por termografia infravermelha em touros Braford, *Acta Scientiae Veterinariae*, 47, 1-5.
- Dahl, G. E., Tao, S. and Laporta, J., 2017. Triennial lactation symposium/bolfa: Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production, *Journal of Animal Science*, 95, 5701-5710.
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P. and Saikia, J., 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review, *Veterinary world*, 9, 260.
- de Almeida, J. V. N., Marques, L. R., Marques, T. C., Guimarães, K. C. and Leão, K. M., 2020. Influência do estresse térmico sobre os aspectos produtivos e reprodutivos de bovinos—Revisão, *Research, Society and Development*, 9, e230973837-e230973837.
- Fabris, T. F., Laporta, J., Skibieli, A. L., Corra, F. N., Senn, B. D., Wohlgenuth, S. E. and Dahl, G. E., 2019. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle, *Journal of dairy science*, 102, 5647-5656.

- Ferreira, F. C., Clay, J. S. and De Vries, A., 2020. Distribution of seasonality of calving patterns and milk production in dairy herds across the United States, *Journal of Dairy Science*, 103, 8161-8173.
- Flamenbaum, I., 2014. Curso Online Manejo do Estresse Calórico para aumentar a produção leiteira e sua rentabilidade, *Agripoint*, 1-203.
- Ganaie, A. H., Ghasura, R. S., Mir, N. A., Bumla, N. A., Sankar, G. and Wani, S. A., 2013. Biochemical and physiological changes during thermal stress in bovines: A review, *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 3, 423-430.
- Gao, S. T., Guo, J., Quan, S. Y., Nan, X. M., Fernandez, M. S., Baumgard, L. H. and Bu, D. P., 2017. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows, *Journal of dairy science*, 100, 5040-5049.
- Inbaraj, S., Sejian, V., Bagath, M. and Bhatta, R., 2016. Impact of Heat Stress on Immune Responses of Livestock: A Review, *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39, 459-482.
- Jingar, S. C., Mehla, R. K. and Singh, M., 2014. Climatic effects on occurrence of clinical mastitis in different breeds of cows and buffaloes, *Archivos de zootecnia*, 63, 473-482.
- Junior, N. A. V., e Silva, M. A. D. A., Caramori, P. H., Nitsche, P. R., Corrêa, K. A. B. and Alves, D. S., 2019. Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system, *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 403-416.
- Laporta, J., Ferreira, F. C., Ouellet, V., Dado-Senn, B., Almeida, A. K., De Vries, A. and Dahl, G. E., 2020. Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance, *Journal of Dairy Science*, 103, 7555-18154.
- Lima, R. S. D., Assumpção, M. E. O., Visintin, J. A. and Lopes, F. F. D. P., 2013. Alterações celulares induzidas pelo estresse térmico em embriões bovinos, *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 50, 257-264.
- Lees, A. M., Sejian, V., Wallage, A. L., Steel, C. C., Mader, T. L., Lees, J. C. and Gaughan, J. B., 2019. The impact of heat load on cattle, *Animals*, 9, 322.
- Martins, C. N., de Matos Nascimento, M. R. B., Santos, R. M., de Faria, C. U., dos Santos Costa, F. and Salvador, A. C. M., 2014. Influência do ambiente térmico e de parâmetros fisiológicos na taxa de concepção de vacas nelore submetidas à IATF, *Veterinária Notícias*, 20(2. SUP).
- Mehdid, A., Martí-De Olives, A., Fernández, N., Rodríguez, M. and Peris, C., 2019. Effect of stress on somatic cell count and milk yield and composition in goats, *Research in veterinary science*, 125, 61-70.
- Morrell, J. M., 2020. Heat stress and bull fertility, *Theriogenology*, 153, 62-67.
- Noordhuizen, J. and Bonnefoy, J. M., 2015. Heat Stress in Dairy Cattle: Major Effects and Practical Management Measures for Prevention and Control. *SOJ Vet Sci* 1 (1): 103. Heat Stress in Dairy Cattle: Major Effects and Practical Management Measures for Prevention and Control.
- Ouellet, V., Laporta, J. and Dahl, G. E., 2020. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter, *Theriogenology*, 150, 471-479.
- Pereira, A. M., Vilela, R. A., Titto, C. G., Leme-dos-Santos, T., Geraldo, A., Balieiro, J. C., Calviello, R. F., Junior, E. H. B. and Titto, E. A., 2020. Thermoregulatory Responses of Heat Acclimatized Buffaloes to Simulated Heat Waves, *Animals*, 10, 756.

Polsky, L. and von Keyserlingk, M. A., 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of dairy science*, 100, 8645-8657.

Rahman, M. B., Schellander, K., Luceño, N. L. and Van Soom, A., 2018. Heat stress responses in spermatozoa: Mechanisms and consequences for cattle fertility. *Theriogenology*, 113, 102-112.

Rezende, S. R., Munhoz, S. K., de Mattos Nascimento, M. R. B., Nascimento, M. R. B. M. and Guimarães, J. L. N., 2015. Características de termorregulação em vacas leiteiras em ambiente tropical: revisão, *Veterinária Notícias*, 21, 18-29.

Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A. and Baumgard, L. H., 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin, *Journal of dairy science*, 92, 1986-1997.

Rhoads, R. P., Baumgard, L. H. and Suagee, J. K., 2013. Metabolic Priorities During Heat Stress With An Emphasis on Skeletal, *Journal of Animal Science*.

Roth, Z., 2020. Influence of heat stress on reproduction in dairy cows—physiological and practical aspects, *Journal of Animal Science*, 98(Supplement_1), S80-S87.

Sammad, A., Umer, S., Shi, R., Zhu, H., Zhao, X. and Wang, Y., 2020. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress, *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104, 978-986.

Sammad, A., Wang, Y. J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B. and Wang, Y., 2020. Nutritional Physiology and Biochemistry of Dairy Cattle under the Influence of Heat Stress: Consequences and Opportunities, *Animals*, 10, 793.

Schüller, L. K., Burfeind, O. and Heuwieser, W., 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices, *Theriogenology*, 81, 1050-1057.

Tao, S. and Dahl, G. E., 2013. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves, *Journal of Dairy Science*, 96, 4079-4093.

Tao, S., Orellana, R. M., Weng, X., Marins, T. N., Dahl, G. E. and Bernard, J. K., 2018. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function, *Journal of dairy science*, 101, 5642-5654.

Tao, S., Rivas, R. M. O., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J. and Bernard, J. K., 2020. Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows, *Theriogenology*, 150, 437-444.

West, J. W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *Journal of dairy science*, 866, 2131-2144.

Wolfenson, D. and Roth, Z., 2019. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility, *Animal Frontiers*, 9, 32-38.

RESFRIAMENTO COMO FERRAMENTA DE REDUÇÃO DO ESTRESSE CALÓRICO EM VACAS

Antônio Amaral Barbosa

Laura Valadão Vieira

Karen Cruz Freitas

Rutiele Silveira

EFEITO DO RESFRIAMENTO NO DESEMPENHO E NO BEM-ESTAR DAS VACAS

Atualmente, não se deve observar somente as perdas de produção durante o estresse calórico, pois é necessário avaliar também os prejuízos que ocorrem após o calor diminuir.

EFEITO DO RESFRIAMENTO NO BEM-ESTAR DAS VACAS

Acredita-se que ficar acordada e em pé no processo de resfriamento afeta negativamente o tempo de descanso e o bem-estar das vacas, entretanto, aparentemente, a realidade é totalmente diferente. Um estudo, feito em Israel, examinou o efeito na produção de leite, no descanso e no tempo de ruminação, entre vacas recebendo 5 versus 8 “sessões de resfriamento” por dia (225 e 360 minutos cumulativos de resfriamento por dia, respectivamente). O resfriamento por um período mais longo contribuiu para um adicional de 8% no consumo diário de alimentos e 10% na produção diária de leite. Surpreendentemente, as vacas, resfriadas por um período mais longo, gastaram significativamente mais tempo por dia descansando e deitadas (480 e 430 minutos por dia) e ruminaram por um período significativamente maior (445 e 415 minutos por dia). Os resultados desse estudo indicam que resfriar as vacas no verão, além de seu valor econômico, também contribuiu para o bem-estar das vacas no clima quente.

EFEITO DO RESFRIAMENTO DE VACAS EM SUA FERTILIDADE

O estresse calórico afeta negativamente todos os estágios de fertilidade da vaca, entre eles, a manifestação de sinais de cio, concepção e manutenção da gestação, como foi visto anteriormente. Estudos indicam que a alta produtividade sob condições climáticas limitantes não necessariamente precisam limitar os produtores na obtenção de resultados reprodutivos razoáveis no verão. Ainda, o resfriamento intensivo de vacas no verão tem o potencial para eliminar totalmente o declínio da produção de leite no verão. Esse efeito positivo pode ser obtido mesmo em fazendas com rendimento extremamente alto.

O manejo e o resfriamento intensivo de vacas de alta produção no verão têm o potencial para reduzir pela metade o declínio na taxa de concepção. Quanto maior é

a produção de leite, são necessários tratamentos de resfriamento mais intensivos e frequentes.

RESFRIANDO VACAS SECAS, NO FINAL DA GESTAÇÃO

Sabe-se que vacas secas que passam por estresse calórico tem produção de leite reduzida na lactação subsequente. Visto isto, Adin e colaboradores (2009) calcularam que o custo total de resfriamento de uma vaca seca era equivalente à receita líquida de 80 kg a mais de leite. Nesse estudo, as vacas que foram resfriadas durante o período de seca produziram 190 kg a mais de leite nos primeiros 90 em lactação do que as vacas que não foram resfriadas quando secas. Pesquisadores de Gainesville, Flórida, verificaram que as vacas secas que tinham acesso à sombra durante o período seco, geraram bezerros mais pesados e produziam 5% mais leite nos estágios iniciais da lactação subsequente, comparado com vacas secas sem nenhum acesso à sombra. O nascimento de bezerros mais pesados obtido nesse estudo pode estar relacionado a um melhor fluxo sanguíneo, bem como a hormônios e nutrientes, ao útero da vaca em gestação, à medida que as vacas não precisavam ter mais sangue na superfície como mecanismo de resfriamento. Confirmou-se que bezerros mais pesados e suas placentas estão relacionados com melhor indução hormonal do desenvolvimento do tecido mamário. O que é explicado devido à ação de hormônios do feto e da placenta, as quais são responsáveis pela renovação e proliferação das células do tecido mamário antes do parto, levando a uma melhor preparação do úbere para lactação e, dessa forma, aumentando a produção de leite nos estágios iniciais da lactação subsequente.

Além disso, o estresse calórico afeta negativamente as vacas secas também. Resfriá-las melhora a produção de leite na lactação subsequente e, também, melhora o status imunológico em uma época de risco significativo para doença. O efeito positivo do resfriamento no período seco é muito maior em vacas adultas do que em vacas jovens.

RAZÃO DE DESEMPENHO VERÃO PARA INVERNO (V:I) - UMA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO RESFRIAMENTO

As condições de verão tornam a implementação de sistemas de resfriamento em fazendas leiteiras uma ferramenta importante para a produção eficiente de leite. A razão verão:inverno é um índice que serve como um indicador para caracterização da efetividade dos esforços do produtor para reduzir o impacto negativo do verão no desempenho das vacas.

A razão verão:inverno é calculada com base no registro mensal de dados de produção de leite, criando uma “curva virtual de produção” para o verão e para o inverno, para todas as vacas em cada rebanho leiteiro.

A razão V:I permite que cada produtor avalie a efetividade de seus esforços para combater o estresse calórico em sua fazenda, mas também serve a organizações de produtores, organizações do governo e companhias de lácteos para tomar decisões e formular políticas. Uma razão V:I próximo ou acima de 1,0 significa que uma fazenda leiteira

testada está lidando adequadamente com o estresse calórico no verão. Quanto menor é essa razão, mais esforços precisam ser feitos para melhorar a efetividade do resfriamento das vacas nessa fazenda.

ASPECTOS ECONÔMICOS DO ESTRESSE CALÓRICO E RESFRIAMENTO DE VACAS

Foi realizado uma pesquisa de larga escala nos Estados Unidos, com o objetivo de estudar as perdas econômicas causadas pelo estresse calórico à indústria pecuária do país. Nesse estudo, foram estudadas diferentes espécies animais foram estudadas, entre elas, suínos, frangos e bovinos (de corte e de leite).

O estudo foi baseado em dados meteorológicos dos últimos 50 anos, obtidos em 48 estados e 256 estações meteorológicas. Os dados produtores e de desempenho foram fornecidos à equipe de pesquisa por instituições do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em todo o país. A pesquisa avaliou principalmente as perdas na produção e na fertilidade, comparando as perdas causadas em três tipos de fazendas sem uso, com uso moderado e com uso intensivo de métodos de resfriamento na estação quente.

Com base nas informações obtidas, verificou-se as seguintes perdas à indústria animal dos Estados Unidos:

- Vacas leiteiras- US\$ 1,5 bilhão
- Vacas de corte - US\$ 400 milhões
- Suínos - US\$ 320 milhões
- Frangos - US\$ 165 milhões

Observou-se, assim, que 60% das perdas econômicas são no setor de produção leiteira dos Estados Unidos. Em média, 14% do “período do ano” nos Estados Unidos foram considerados como estressantes para as vacas leiteiras. As perdas econômicas devido às condições de estresse calórico causadas à “vaca média” dos Estados Unidos ficaram entre US\$ 100 e US\$ 150 por ano.

Em regiões extremamente quentes, mais da metade do ano, houveram períodos considerados como estressantes para as vacas leiteiras. Nessas, as previsões de perdas de produção e perdas econômicas por vaca foram de 2000 kg e US\$ 300-US\$ 400, respectivamente. Nas regiões frias, as previsões de perdas por vacas foram de 50 quilos por ano e US\$ 20-US\$ 50, respectivamente.

O cálculo da melhora nacional esperada com o uso ótimo de sistemas de resfriamento para vacas em diferentes partes dos Estados Unidos foi o seguinte:

- Perdas econômicas reais – US\$ 1,5 bilhão
- Perdas econômicas esperadas após resfriamento ótimo – US\$ 0,9 bilhão

- Potenciais benefícios do uso ótimo de sistemas de resfriamento – US\$ 0,6 bilhão

Os dados para esse estudo foram coletados quase 20 anos atrás e, dessa forma, o mesmo ocorreu com os resultados obtidos pelos pesquisadores que investigaram os benefícios do resfriamento. Espera-se que atualmente, com a melhora nos métodos de resfriamento em uso, a implementação adequada do resfriamento tenha potencial para reduzir muito mais os impactos negativos do verão na produção de vacas leiteiras dos Estados Unidos.

Os benefícios econômicos do resfriamento de vacas podem ser relacionados à:

- Prevenção de quase toda a queda na produção anual.
- Redução significativa da queda no teor de gordura e proteína.
- Prevenção do aumento da CCS no leite (100.000).
- Redução para a metade na queda da taxa de concepção.
- Melhora na detecção de cio.
- Redução na taxa de descarte em 10-15%.
- Eliminação do efeito negativo na eficiência alimentar.
- Melhora no status imune e de saúde.
- Melhora na preparação das vacas na gestação para a lactação subsequente.
- Redução da taxa de mortalidade de bezerros em 5-10%.

As análises econômicas do resfriamento devem considerar que o aumento da produção de leite induzido pelo resfriamento pode ser transportado para períodos quando o estresse calórico é muito menor. Análises que somente consideram o verdadeiro período de estresse calórico podem subestimar os benefícios econômicos do resfriamento.

Benefícios econômicos do resfriamento:

A utilização de sistemas de resfriamento possibilita maior economia dos custos de manutenção das vacas e novilhas de reposição, necessárias para que determinada quantidade de leite seja produzida. Ainda, menores receitas de venda de vacas de descarte e touros machos jovens e melhora na eficiência alimentar.

Deve-se avaliar o custo-benefício de resfriar vacas, considerando os custos do resfriamento fixos (ventiladores, tubulação, aspersores, caixas de controle) e operacionais (eletricidade, água, mão-de-obra, alimentos para o leite adicional produzido). O custo do resfriamento está diretamente relacionado a condições climáticas específicas, principalmente duração e intensidade do verão.

As informações e suposições que usamos para fazer o cálculo do custo-benefício do

resfriamento das vacas em um determinado local incluem:

1. Custo de insumos necessários que incluem custos do resfriamento (custo da compra de equipamentos de resfriamento + custo da água, energia elétrica e mão-de-obra + custo dos alimentos animais).
2. Aumento esperado na produção anual das vacas (preço pago pelo leite extra; receita extra pelo leite adicional produzido).
3. Melhora esperada na eficiência alimentar no verão (custo dos alimentos e conhecer a quantidade de alimento necessária para produzir mais leite).

Ferreira e colaboradores (2016) quantificaram as perdas econômicas devido ao estresse térmico e avaliaram a viabilidade econômica do resfriamento em vacas secas. Estes autores encontraram perdas anuais estimadas de 800 milhões de dólares em vacas não refrigeradas, ainda, ao investir em sistemas de climatização, tem-se retorno financeiro em 3 anos (para galpões já existentes), ou de 5 anos (ao investir em novas instalações).

A partir deste capítulo, foi possível conhecer algumas tecnologias que minimizam os efeitos deletérios do estresse calórico, a partir da adoção de sistemas de resfriamento que proporcionam maior conforto térmico, bem-estar animal e maior produção.

MÉTODOS PARA RESFRIAMENTO DAS VACAS

Os diferentes métodos para ajudar as vacas sob condições de estresse calórico incluem aqueles para reduzir o ganho de calor e outros para aumentar as perdas de calor pelas vacas. Esses métodos são os seguintes:

- Prevenção da carga de calor externo através da utilização de sombra, tetos altos, material e cor do teto apropriados.
- Perda de calor de formas naturais, como o uso de ventos naturais e lagoas de resfriamento.
- Resfriamento direto, ou seja, o resfriamento do animal, onde pode-se utilizar técnicas de umedecimento, ventilação forçada e combinação de ambos métodos.
- Resfriamento indireto, no qual há o resfriamento do ambiente, através de técnicas como a nebulização de alta pressão, uso de placas evaporativas, ar condicionado, túnel de ventilação e ventilação cruzada.
- Combinação de métodos diretos e indiretos de resfriamento

O SISTEMA DE RESFRIAMENTO DIRETO

Ventilação forçada: aumenta a convecção de calor da pele, sendo principalmente efetiva quando a temperatura do ar é menor do que a temperatura da pele ($T_{pele} > T_{ar}$). Tal método é importante para remover a amônia da área de descanso das vacas, especialmente em galpões fechados no verão e no inverno. Apenas esta técnica pode dissipar o calor gerado por uma vaca seca ou de baixa produção (< 15 kg/dia), entretanto, somente ela não é capaz de dissipar todo o calor gerado pelas vacas de alta produção (> 30 kg/dia). Para avaliar a qualidade do vento criado pelos ventiladores, existem dois parâmetros prévios:

- Taxa de fluxo de ar – volume de ar sendo distribuído (metros cúbicos/minuto).
- Velocidade do ar – velocidade com que o ar se movimenta (metros por segundo).

DESSA FORMA, SURGE UM IMPASSE: A VENTILAÇÃO FORÇADA É SUFICIENTE PARA MANTER AS VACAS EM TEMPERATURA NORMAL?

A velocidade do vento de 2,0 m/seg é ótima para eliminar a camada limite de calor ao redor da vaca, mas não é ótima para evaporar a água borrifada na superfície da vaca. Os ventiladores podem reduzir a temperatura corporal da vaca em 0,3-0,4°C, entretanto, somente eles não conseguem remover a quantidade total de calor gerado por vacas de alta produção quando expostas às condições de clima quente. Assim, muitas vezes dois métodos são associados para efetiva resposta no resfriamento, como a ventilação e o umedecimento, este método é mais efetivo em ambientes de clima árido, apesar de promover conforto térmico em ambientes com maior umidade relativa. Essa combinação aumenta em 5 vezes a dissipação de calor, sendo necessário velocidade de ventilação maior - 3,0m/seg.

POR QUE NÓS PRECISAMOS UMEDECER A VACA?

Vacas de alta produção precisam evaporar 2,8 l/h para dissipar todo o calor, todavia, o “potencial evaporativo” natural da vaca permite que ela evapore somente 1,5 l/h (metade da quantidade de água requerida). Então, como resultado:

1. Vacas de alta produção não podem depender da evaporação natural de água para dissipar o calor que produzem em um dia quente
2. A aplicação adicional de água externa e a ventilação forçada são necessárias para dissipar toda a quantidade de calor gerado.

Cada um grama de água evaporado da pele da vaca é equivalente a uma perda de 0,56 Kcal. A transpiração evapora 170 g/h (perdendo 95,2 Kcal/h), enquanto o umedecimento e a ventilação evaporam 1000 gr./h (perdendo 560 Kcal/h).

Existem, em geral, três tipos de formas de umedecimento para resfriar as vacas em um “sistema de resfriamento direto”:

- Aspersiones – (baixa pressão, > 300 l/h)

- Chuveiros – (baixa pressão, 50-150 l/h)
- Nebulizadores – (baixa pressão, 7-28 l/h)

PROCEDIMENTO DE RESFRIAMENTO DIRETO BASEADO NO UMEDECIMENTO E NA VENTILAÇÃO FORÇADA CONSISTE EM:

1. Ventilação forçada constante e ciclos de umedecimento de 30 segundos de umedecimento a cada 5 minutos.
2. “Períodos de resfriamento” de 30-45 minutos cada, (6-8 ciclos de umedecimento/tratamento)
3. 5 a 8 “sessões de resfriamento” por dia (a cada 2-3 horas).
 - Períodos de 30-45 minutos de resfriamento (6 ciclos) são requeridos para manter a temperatura corporal da vaca normal, por 2-3 horas durante o verão.
 - 6-8 horas cumulativas de “período de resfriamento” por dia (8-10 “períodos de resfriamento”) são necessários para manter a temperatura corpórea de vacas de alta produção normal e aceitável durante o verão.

ONDE PODEMOS USAR SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DIRETO?

- Sala de Espera – combinando umedecimento e ventilação forçada usando ventiladores de diâmetro grande ou médio e aspersores de alto volume de gotículas grandes.
- Área especial de resfriamento – combinando umedecimento e ventilação forçada, usando ventiladores de diâmetro grande ou médio e formas de umedecimento de alto volume de gotículas grandes.
- Na linha de alimentação – combinando umedecimento e ventilação forçada usando ventiladores de diâmetros pequenos e dois tipos de meios de umedecimento (dependendo das direções do vento natural prevalente e do sistema de tratamento de dejetos). Baixa pressão – chuveiros de gotículas pequenas (na ausência de vento “cruzado” e/ou coleta limitada e cara de dejetos na linha de alimentação e custo do tratamento). Baixa pressão – aspersores de grandes volumes e gotículas grandes (na existência de fortes ventos “cruzados” ou sem limite no uso de água na linha de alimentação).
- Área de descanso – diferentes opções para diferentes instalações:

- Celeiros de vacas soltas – ventilação forçada por ventiladores de diâmetros grandes com capacidades fixas ou vertical “girando”.
- Freestalls – ventilação forçada sobre os estábulos por ventiladores de diâmetro grande ou pequeno, com ou sem chuveiros de baixa pressão com gotículas pequenas.
- Tiestalls – ventilação forçada sobre os estábulos por ventiladores de diâmetro grande ou pequeno, com ou sem chuveiros de baixa pressão e gotículas pequenas.

EQUIPAMENTOS QUE PODEM SER USADOS QUANDO SE INSTALA RESFRIAMENTO DIRETO EM DIFERENTES ÁREAS RURAIS:

- **Ventiladores:**

- Diâmetro pequeno - <26” - serve para linha de alimentação.
- Diâmetro médio – 26”- 60”- sala de espera, área de resfriamento, área de descanso.
- Diâmetro maior - >60”- sala de espera, área de resfriamento, área de descanso.

- **Posicionamento do ventilador:**

- Fixo – sala de espera, área de resfriamento, área de descanso.
- Girando verticalmente – diâmetro pequeno – linha de alimentação.
- Girando horizontalmente – diâmetro grande – área de descanso.

- **Formas de umedecimento (baixa pressão)**

- Nebulizadores – linha de alimentação, área de descanso.
- Chuveiros – linha de alimentação, área de descanso.
- Aspersores - sala de espera, área de resfriamento, linha de alimentação.

O SISTEMA DE RESFRIAMENTO INDIRETO

Baseia-se no resfriamento das vacas resfriando o ar pela evaporação da água em construções fechadas. Provavelmente, esse método é menos eficiente economicamente (custo de resfriamento por unidade adicional de leite produzido) e é efetivo em climas secos (<40% umidade relativa) ou fazendas extremamente grandes em climas frio/quente. A principal vantagem do sistema é permitir que a vaca seja resfriada uniformemente durante todo tempo.

RESFRIANDO VACAS POR NEBULIZAÇÃO

A nebulização para resfriamento das instalações das vacas tem o potencial de resfriar as vacas com quantidades relativamente pequenas de água e danos mínimos por molhar o chão. Ainda, este método possibilita a formação de um microclima capaz de promover o bem-estar animal, pois este é gerado por meio da definição de uma determinada zona termoneutra, reduzindo a temperatura de construções fechadas em 3-5°C, quando a umidade relativa está baixa (menos de 40%).

A nebulização efetiva pode aumentar a perda de calor da vaca em um equivalente a 4 lâmpadas de 100 W. Normalmente, há o aumento da umidade relativa do ar e diminuição da perda de calor em um equivalente de 1 lâmpada para somente 3 lâmpadas de 100 W. O fato é que o resfriamento indireto por nebulização, como o único método usado, é incapaz de permitir que vacas de alta produção mantenham a temperatura corpórea normal.

FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DO RESFRIAMENTO

- **Qualidade da ventilação**
 - Posicionamento dos ventiladores, velocidade do vento
 - Distância entre os ventiladores, tipo de ventiladores, tipo de instalações e efeito do vento cruzado.
- **Qualidade do umedecimento**
 - Tipo de adaptação da umidade às condições da fazenda
 - Definição da localização ótima para o umedecimento
- **Qualidade do resfriamento**
 - Tipo de adaptação do resfriamento às condições da fazenda
 - Definição da localização ótima para o umedecimento
- **Avaliação da qualidade do resfriamento através de:**
 - Curto prazo – taxa respiratória e temperatura corpórea
 - Longo prazo – pela razão entre Verão:Inverno (V:I), taxa de concepção (TC), eficiência alimentar

QUANDO COMEÇAR A RESFRIAR?

- Começar e parar o resfriamento gradualmente.

- Começar a resfriar ao meio-dia quando as temperaturas noturnas estão constantemente acima de 18°C.
- Resfriamento completo quando as temperaturas noturnas estão acima de 22°C.
- Resfriamento noturno quando as temperaturas noturnas estão constantemente acima de 25°C.

DICAS PARA AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO

- Toque a pele da vaca após o período de umedecimento: está úmida? A maioria da superfície da vaca está úmida?
- Medir a velocidade do vento, a 10 cm da superfície da vaca usando um medidor de vento simples. A velocidade do vento deve ser de 3 m'/seg.
- Medir a velocidade do vento a cada 1 m' a partir do ventilador até o próximo.
- Tocar a pele da vaca, 5 minutos após o fim do "tratamento de resfriamento": a pele da vaca está fria?
- Medir a respiração e a temperatura retal a cada 30 minutos, para uma amostra de 10 vacas presas na linha de alimentação, a partir do final do tratamento de resfriamento; desenhar um gráfico: quando a temperatura excede 39°C? Quando a taxa respiratória excede 60 respirações/minuto.

REFERÊNCIAS

- Adin, G., Gelman, A., Solomon, R., Flamenbaum, I., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Shamay, A., Feuermann, Y., Mabweesh, S. J. and Miron J., 2009. Effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food water, and performance during the dry period and after parturition, *Livestock Science*, 124, 189-195.
- Avendaño-Reyes, L., Alvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., Saucedo-Quintero, J. S., Robinson, P. H. and Fadel, J. G., 2006. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions, *Livestock Science*, 105, 198-206.
- Bucklin, R. A., Turner, L. W., Beede, D. K., Bray, D. R. and Hemken, R. W., 1991. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates, *Applied Engineering in Agriculture*, 7, 241-247.
- Chen, J. M., Schütz, K. E. and Tucker, C. B., 2015. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray, *Journal of dairy science*, 98, 6925-6938.
- Collier, R. J., Doelger, S. G., Head, H. H., Thatcher, W. W. and Wilcox, C. J., 1982. Effects of Heat Stress during Pregnancy on Maternal Hormone Concentrations, Calf Birth Weight and Postpartum Milk Yield of Holstein Cows, *Journal of Animal Science*, 54, 309-319,
- Dhuyvetter, K. C., Kastens, T. L., Brouk, M. J., Smith, J. F. and Harner III, J. P., 2000. Economics of cooling cows. In: *Heart of America Dairy Management Conference*, 56-71.
- Ferreira, F. C., Gennari, R. S., Dahl, G. E. and De Vries, A., 2016. Economic feasibility of cooling dry cows across the United States, *Journal of dairy science*, 99, 9931-9941.
- Flamenbaum I. and Ezra E., 2003. A large-scale survey evaluating the effect of cooling Holstein cows on productive and reproductive performances under sub-tropical conditions, *Journal of dairy science*, 86, 19.
- Flamenbaum, I., Shoshani. E. and Ezra. E., 2003. Cooling of dairy cows in Israel - improving cows welfare and performance as well as reducing environmental contamination, *Symposium: Interactions between climate and animal production*, 7.
- Fournel, S., Ouellet, V. and Charbonneau, É., 2017. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: a literature review, *Animals*, 7, 37.
- Daltro, A. M., Bettencourt, A. F., Ximenes, C. A. K., dos Santos Daltro, D. and Dos Santos Pinho, A. P., 2020. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras, *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 26, 288-311.
- Lorenço, J. P. D. A., 2019. Estratégias para minimizar o estresse térmico em vacas leiteiras. *Dissertação (Mestrado Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista*, 57p.
- Tao, S. and Dahl, G. E., 2013. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves, *Journal of Dairy Science*, 96, 4079-4093.
- Stangaferro, M. L., Wijma, R., Masello, M., Thomas, M. J. and Giordano, J. O., 2018. Economic performance of lactating dairy cows submitted for first service timed artificial insemination after a voluntary waiting period of 60 or 88 days, *Journal of dairy science*, 101, 7500-7516.

NOVAS FERRAMENTAS PARA MINIMIZAR OS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO

Antônio Amaral Barbosa

Laura Valadão Vieira

Karen Cruz Freitas

Rutiele Silveira

Diante dos efeitos deletérios gerados pelo estresse térmico, muitas são as alternativas estudadas na tentativa de minimizá-lo, onde destacam-se as nutricionais, tais como utilização de aditivos ou ajustes à dieta já ofertada aos animais. O que faz sentido, visto que, os prejuízos ocasionados pela hipertermia estão ligados, em boa parte, a redução na ingestão de alimentos e o consequente balanço energético negativo, justamente em um período em que o animal apresenta maior demanda energética.

- A necessidade energética de uma vaca que pesa 635 Kg e produz 36 Kg leite/dia aumenta em 22%, quando a temperatura ambiente passa de 16°C para 32°C.

AJUSTES NA DIETA OFERTADA

Fibras e Gordura

Animais termicamente estressados são ineficientes em aproveitar os nutrientes oferecidos pela dieta para a manutenção de sua produtividade. Esta incapacidade é justificada pelo aumento da demanda energética para os mecanismos de termorregulação. Neste sentido alguns nutricionistas optam por aumentar a densidade energética da dieta, por meio da utilização de grãos acompanhada de uma diminuição no volume de fibras. Entretanto, essa estratégia deve ser conduzida com cautela, diante da menor capacidade de tamponamento ruminal, estabelecida durante esse período, em que há o risco do desenvolvimento de acidose ruminal.

A estratégia de reduzir o volume de fibras, ancora-se no fato de que a digestão e a metabolização da fibra são responsáveis por aumentar a produção de calor endógena. Uma dieta rica em alfafa, por exemplo, é responsável por aumentar em 72% a geração de calor, enquanto a digestão de uma alimentação rica em concentrado gera 42% de calor. O metabolismo do acetato produz mais calor endógeno, do que o metabolismo do propionato.

Em um estudo conduzido durante o período de verão foram utilizadas dietas com duas concentrações diferentes de fibra em detergente neutro (FDN), 30% e 42%. Os animais que receberam os 30% de FDN, apresentaram aumento na produção de leite, menor frequência respiratória e menor temperatura corporal, em comparação às vacas que recebiam os 42%. O FDN corresponde aos carboidratos estruturais celulose e hemicelulose, os mais facilmente digeridos pelos microrganismos ruminais.

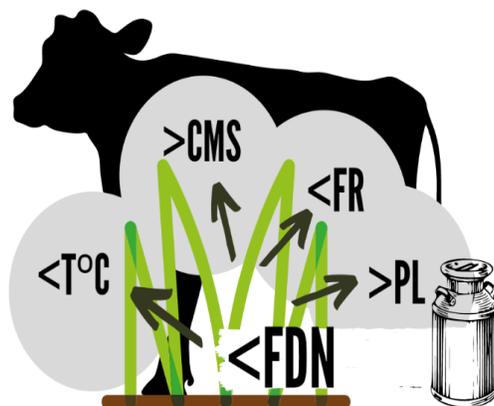


Figura 10. Resultado da menor concentração de FDN na dieta sobre os efeitos do estresse térmico. > maior, < menor, T°C temperatura corporal, CMS consumo de matéria seca, FR frequência respiratória e PL produção de leite. Adaptado de Miron et al. (2008).

A proporção de FDN na dieta no período de altas temperaturas não devem ser inferior a 28%.

- A proporção de fibra em detergente ácido (FDA), que corresponde a fração de lignina não deve ser inferior a 18%.

Uma alternativa que pode ser utilizada nos períodos de calor é o aumento na concentração de gorduras na dieta, pois estas além de gerarem menos calor durante o processo de digestão, quando comparadas a fibra e ao amido, representam um aumento na ingestão de energia líquida. Porém, para que os resultados positivos sejam obtidos com a suplementação é necessário que a concentração ofertada não ultrapasse a quantidade de 5%. Essa recomendação se deve ao fato de que a adição excessiva de gorduras na dieta provoca a formação de micelas no ambiente ruminal, o que compromete a colonização bacteriana nas partículas do alimento e assim interfere nos processos de digestão e fermentação. Para evitar erros de formulação de dieta com níveis de gorduras muito altos, bem como para evitar distúrbios a flora ruminal, tais como, acidose, o mais indicado é ofertar gorduras protegidas, ou seja, que não se degradem em ambiente ruminal.

Proteína

A redução do consumo alimentar, que ocorre durante o estresse térmico, também envolve a menor ingestão de compostos proteicos, logo, ocorre o balanço energético negativo do nitrogênio, produto da digestão de proteínas.

As proteínas são um importante nutriente para animais termicamente estressados, pois há uma mobilização desse nutriente para as vias da gliconeogênese e manutenção de respostas imunes. Neste sentido, uma das medidas de contornar a deficiência deste componente, seria aumentar a concentração do mesmo na dieta. Porém, a digestão ruminal de proteínas em excesso, é responsável por gerar um grande incremento calórico, chegando a 7.2 Mcal/g de nitrogênio, o que poderia acentuar os mecanismos compensatórios que

envolvem a menor produção de leite e a menor ingestão alimentar.

Embora a metabolização ruminal da gordura e do amido seja responsável por produzir calor endógeno, este não se compara a quantidade produzida durante a metabolização da proteína, o que se deve ao processo de transformação da proteína bruta em ureia, etapa necessária para a excreção. Diante disso, a utilização de proteínas não degradáveis no rúmen são uma alternativa viável para minimizar a produção de calor endógeno. Além de já terem sido demonstrados resultados positivos no que se refere ao aumento na produção de leite em períodos quentes do ano.

Ingestão de Água

A água é um dos principais componentes do corpo, chegando à proporção de até 70% em algumas espécies. Dentre as suas funções está a atuação em processos químicos vitais no organismo, tais como, transporte de nutrientes, excreção de metabólitos, lubrificação de tecidos, tamponamento ruminal e termorregulação.

A água participa dos mecanismos de evaporação do calor, neste sentido, a demanda de ingestão varia ao longo do ano. Durante o dia a vaca excreta água no leite, na urina, na respiração, nas fezes, entre outros, para repor as perdas diárias é necessário garantir que o animal tenha acesso a água fresca, limpa e de qualidade, principalmente nos períodos de calor, onde a exigência será maior devido aos mecanismos de evapotranspiração (Tabela 2).

Parâmetros	Estágio	TN	ET	Diferença
Temperatura do ar (°C)		15.5	28.4	
ITU		59.4	73.2	
Ingestão de água (Kg/dia)	Lactação	77.1	85.4	8.3
	Seca	27.4	41.7	14.3
Urina (Kg/dia)	Lactação	17.8	20.4	2.6
	Seca	13.5	13.8	0.3
Proporção de água nas fezes (Kg/d)	Lactação	47.7	39.2	-8.5
	Seca	23.5	23.7	0.2
Proporção de água no leite (Kg/d)	Lactação	26.9	25.4	-1.5
Proporção de água ingerida junto com a dieta (Kg/d)	Lactação	39.9	27.4	3.5
	Seca	20.6	20.6	0
Água retida no corpo (Kg/dia)	Lactação	0.8	-1.5	-2.3
	Seca	0.2	0.2	0
Evaporação de água (Kg/d)	Lactação	19.2		
	Seca	13.3		

Tabela 2: Comparação entre os fluxos de água de vacas secas e em lactação em condições de termoneutralidade (TN) e estresse térmico (ET). Adaptado de Kheilil- Arfa et al. 2014.

O principal cuidado que deve ser preconizado quanto a característica da água ofertada aos animais nos períodos de calor é a temperatura. Em estudos que comparam animais que ingeriram água em duas diferentes temperaturas, 28°C e 10°C, foram

encontrados resultados que demonstram que a água ao ser ingerida em temperatura mais amena foi capaz de reduzir a frequência respiratória, aumentar a produção de leite e o consumo de matéria seca de animais termicamente estressados.

Vitaminas

O estresse térmico é responsável por desencadear o estresse oxidativo, que se caracteriza pelo desequilíbrio entre a formação e remoção de espécies reativas ao oxigênio no organismo. Esse processo resulta na maior concentração de radicais livres na corrente sanguínea, que provocam lesões e até a morte celular em alguns casos. Por esse motivo, a suplementação com algumas vitaminas, tais como E, A e C pode ser aplicada a esse período, visto que, estas possuem propriedades antioxidantes e encontram-se reduzidas na circulação de animais estressados pelo calor.

Além disso as vitaminas E e C possuem outras atividades que são fundamentais para a manutenção de algumas funções do organismo. A vitamina C, por exemplo, é um composto que não pode ser sintetizado pelo organismo, mas que ao ser ingerido junto com a dieta atua como co-fator para algumas oxigenases, que estão envolvidas na síntese de colágeno, catecolaminas, carnitina, e no metabolismo do colesterol e tirosina. A deficiência dessa vitamina interfere nas respostas imunológicas, visto que esta protege os neutrófilos da oxidação, estimula a produção de interferon e melhora a atividade de quimiotaxia dos leucócitos. Em estudos *in vitro*, observou-se que a vitamina C participa da diferenciação de células mesenquimais, em osteoblastos e condrócitos, por exemplo, o que auxilia na formação do tecido ósseo e cartilaginoso. Ainda, exerce um papel importante nas funções reprodutivas, pois auxilia na formação do corpo lúteo, assim como a vitamina E.

A facilidade de degradação em ambiente ruminal, faz com que a suplementação de vitamina C precise ser na forma protegida, isto é, resistente a degradação no rúmen e disponível a absorção intestinal. A dosagem é variável de acordo com a categoria animal, no entanto, já foi demonstrado que a administração de ascorbil- 2- fosfato, composto derivado da vitamina C, na forma protegida, na concentração 80000mg/dia aumentou os níveis plasmáticos de vitamina C em novilhas leiteiras.

Todos os elementos que são derivados de tocol e tocotrienol e apresentam as mesmas funções do α -tocoferol são genericamente chamados de vitamina E, composto reconhecido como necessário para o crescimento e saúde de todas as espécies, que atua na síntese de prostaglandinas, protege as hemácias da hemólise, previne o desenvolvimento de doenças e junto com a vitamina A, desempenha um importante papel na imunidade da glândula mamária durante o estresse térmico. A vitamina E não é sintetizada pelo organismo, assim a concentração dessa vitamina é altamente influenciada pela dieta. De acordo com as recomendações do NRC (2001), são requeridos pelo animal 15 a 40mg/Kg⁻¹ de matéria seca de vitamina E, por dia, porém essas exigências aumentam em animais termicamente estressados. Estudos demonstram que a suplementação de vitaminas acima das quantidades descritas pelo NRC, melhoraram os parâmetros reprodutivos e aumentaram a produção de leite de vacas submetidas ao estresse térmico.

- A suplementação com vitamina E em suínos reduziu os riscos de hipóxia intestinal em animais termicamente estressador;

- A suplementação com vitamina E em aves aumentou a produção de ovos;
- A suplementação com vitamina E em vacas reduziu os níveis de CCS;
- A suplementação com vitamina E em vacas, aumentou a ingestão de matéria seca durante a noite.

Uma outra vitamina que pode exercer papel importante na minimização dos efeitos do estresse térmico é a B₃ ou também chamada de Niacina. Estudos demonstraram que a Niacina apresenta efeitos de vasodilatação em mamíferos, fato este que é responsável por melhorar as trocas de calor entre animal e o ambiente. Por fazer parte da composição das coenzimas Dinucleótido de nicotinamida e adenina (NAD) e Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina (NADP), a Niacina torna-se crucial para o metabolismo energético do animal, além de desempenhar uma importante função no aumento da síntese de proteínas de choque térmico (HSP), que são fundamentais para o reparo de células lesadas pela hipertemia. Essa vitamina é normalmente sintetizada pelos microrganismos ruminais e atua neste órgão estimulando o crescimento de bactérias, fungos e protozoários. Este mecanismo de ação é responsável por melhorar a eficiência de degradação do acetato, o que pode ser revertido em um aumento nas concentrações de gordura e proteína do leite.

No entanto, a vitamina B₃ produzida não é suficiente para atender as demandas de fêmeas bovinas de alta produção leiteira ou de indivíduos submetidos a condições desafiadoras como o estresse térmico. Neste sentido, sua suplementação é recomendada, porém as concentrações indicadas não são claramente definidas, visto que, por muito tempo foi considerado que a síntese gerada pelos microrganismos presentes no rúmen era suficiente para atender ao requerimento diário do animal.

Em estudos realizados utilizando diferentes doses de Niacina em vacas expostas ao estresse térmico, foi observado eficiência desse composto em reduzir a temperatura interna dos animais. A maioria dos trabalhos de pesquisa opta pela oferta dessa vitamina na forma protegida, devido a sua alta degradabilidade no rúmen.

- A suplementação de niacina na dose de 145g/dia reduziu a temperatura corporal de animais da raça Holandês submetidas ao estresse térmico.
- A suplementação de vacas da raça Holandês na dose de 12g de niacina/vaca/dia reduziu a temperatura interna dos animais e aumentou a produção de leite.
- Em condições *in vitro* a Niacina aumentou a síntese de HSP em células mamárias e uterinas.

ADITIVOS NUTRICIONAIS

Metionina

Durante o estresse térmico, ocorre a mobilização das reservas corporais de proteína, via catabolismo muscular, e estas são destinados para muitas atividades do organismo,

tais como para a gliconeogênese, que servirá de aporte energético para os mecanismos de termorregulação, além de para as sínteses de proteína de choque térmico e proteína de fase aguda. Diante disso, a suplementação com certos aminoácidos essenciais pode ser benéfica ao animal em hipertermia, pois irá auxiliar a manter a temperatura corporal a níveis fisiológicos, contribuirá na síntese de proteínas musculares e na manutenção da produção de leite. Os efeitos citados são positivos tanto para animais com aptidão para carne, quanto leiteiros e já foram observados em suínos termicamente estressados, mediante a suplementação com aminoácidos essenciais.

A metionina é um dos principais aminoácidos limitantes durante o estresse térmico, sua suplementação geralmente é realizada na forma protegida, tornando-a mais rapidamente e abundantemente disponível para a absorção no intestino delgado do animal. Dentre os muitos efeitos apontados como positivos para a suplementação com este aminoácido está o fato de apresentar enxofre em sua composição, substância necessária para que seja produzida a glutatona, um antioxidante natural que é benéfico para animais em estresse térmico, visto que, estes em muitos dos casos também se encontram em estresse oxidativo. Além disso, conforme citado anteriormente, a hipertermia é responsável pela maior utilização de proteínas como fonte de energia para os processos fisiológicos do organismo. Neste sentido, a suplementação com aminoácidos pode contribuir com a gliconeogênese e conseqüentemente reduzir a degradação de proteínas musculares, o que pode refletir positivamente no ganho de peso.

A metionina também apresenta resultados favoráveis no que se refere a funcionalidade do sistema imunológico, por meio da melhora na atividade de fagocitose dos neutrófilos e redução na apoptose de linfócitos (devido ao aumento na síntese de genes BCL-2), quanto suplementada junto com a colina resulta em melhora na atividade de leucócitos polimorfonucleares. Vale ressaltar que dentre as muitas complicações geradas pela baixa ingestão de matéria seca, nos períodos de hipertermia, está a depressão na resposta imune.

Outro efeito que merece destaque é o citoprotetor, visto que a metionina atenua os efeitos deletérios do estresse térmico sobre as células. Uma das vias pelas quais este aminoácido realiza essa função é através do aumento na expressão dos genes BCL-2 e inibição do gene BAX. Os genes da família BCL-2 fazem parte das proteínas transmembrana, localizadas na mitocôndria e possuem um papel importante na interrupção dos processos de apoptose celular. O gene BAX faz parte da família BCL-2, trata-se de um regulador apoptótico, que pode estimular a apoptose quando ligado à proteína BCL-2. Neste caso, a suplementação faz com que aumente os genes BCL-2 e diminua os BAX, reduzindo a interação entre os dois genes, diminuindo os processos de apoptose celular. A metionina também aumenta as concentrações da proteína de choque térmico HSP70, que auxilia no processo de reestruturação celular após a lesão por hipertermia. Além de aumentar a atividade enzimática da catalase, superóxido dismutase e glutatona peroxidase, todas elas antioxidantes. Todos esses efeitos já foram observados em células mamárias submetidas a hipertermia em estudos *in vitro*.

O efeito citoprotetor nesses casos é benéfico especialmente para fêmeas de raças leiteiras, pois irá garantir a viabilidade dos alvéolos mamários para a síntese do leite, bem como, tende a aumentar as concentrações de proteína no leite, visto que, em alguns casos,

a concentração desse nutriente é reduzida, por ser direcionado para a reconstituição das células mamárias lesadas. Assim a suplementação com metionina:

- Melhorias na produção de leite;
- Antioxidante;
- Reduz a apoptose de linfócitos;
- Promove a multiplicação de genes Bcl-2;
- Aumenta a síntese de proteínas no leite;

Outros efeitos observados com a suplementação de metionina protegida, durante o estresse térmico, são:

- Menor temperatura corporal;
- Maior ganho de peso;
- Folículos dominantes maiores;
- Maior ganho de peso em bezerros, filhos de fêmeas suplementadas com metionina.

A suplementação com metionina é amplamente estudada e sua eficiência já é comprovada sobre muitos parâmetros. Atualmente já existem no mercado produtos disponíveis para a compra.

Taninos Condensados

Os taninos, são compostos fenólicos, bastante abundantes na natureza, estes atuam no metabolismo secundário das plantas, ou seja, em processos que não são essenciais para a manutenção da vida, como são as atividades de fotossíntese, respiração e transpiração. A função dos taninos está voltada a proteção da planta contra fatores como, microrganismos, desafios climáticos e ataques por predadores. Assim, quando desafiadas, as plantas aumentam a síntese de compostos tânicos.

Existem na natureza dois tipos de taninos, os hidrolisáveis e condensados, estes são assim classificados de acordo com a sua natureza química. Os taninos, independentemente de sua classificação, são encontrados em folhas, cascas, galhos e lenha de plantas como acácia e eucalipto, sendo os condensados os mais amplamente distribuídos na natureza e os predominantemente estudados no que se refere a suplementação animal. O seu mecanismo de ação consiste na capacidade de formar complexos com as proteínas da dieta, a complexação ocorre durante a mastigação do alimento e resulta em um composto resistente a degradação ruminal, onde o pH gira entorno de 6 a 7 e sensível ao pH do abomaso, de 3.5, onde sofrerá ruptura e passará pelas degradações gástrica e pancreática. Posteriormente será absorvido na porção cranial do intestino delgado, duodeno, em pH 8. Dessa maneira, a ação dos taninos contribui para o maior aporte de proteínas provenientes da dieta para o animal, o que poderia ser útil em indivíduos submetidos ao estresse térmico.

No entanto, os estudos que envolvem a utilização de taninos condensados geralmente avaliam outras hipóteses, tais como a redução na emissão de metano em ruminantes e a diminuição da carga parasitária, principalmente do *Haemochus contortus*. Sobre esses dois parâmetros os taninos condensados demonstram eficiência. Os trabalhos que trazem como objetivo avaliar se a suplementação com taninos condensados é capaz de atenuar os efeitos do estresse térmico são recentes, mas também apresentam resultados positivos no que tange especialmente a redução da temperatura interna dos animais. Espera-se que animais com a temperatura interna reduzida, retomem a ingestão de matéria seca e consequentemente apresentem melhora nos parâmetros produtivos, reprodutivos e sanitários.

A dose de utilização dos taninos é variável, visto que, inicialmente esses compostos eram apenas conhecidos por fatores anti nutricionais, ou seja, por mecanismos que comprometem a digestibilidade do alimento e assim eram considerados como fator de risco para a saúde e nutrição animal. No entanto, atualmente já é possível encontrar estudos que avaliam doses que variam de 40g a 150g de tanino por vaca/dia, por exemplo.

Os resultados encontrados com a utilização de taninos condensados para melhorar a produção e a composição do leite ainda são inconclusivos, sendo que alguns encontram aumento na produção de leite e na concentração de alguns nutrientes, enquanto outros não apresentam diferença estatística. Em um estudo conduzido no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil em uma propriedade de criação semi-intensiva, com animais mantidos a pasto, foram selecionadas 20 fêmeas com média de produção leiteira de 25kg/L \pm 3, todas elas da raça Holandês, divididas em dois grupos Tanino e Controle, sendo que o grupo tanino recebia a suplementação de 150g de tanino/vaca/dia, houveram resultados positivos quanto a redução na temperatura interna e aumento na concentração de proteínas do leite, nos animais suplementados, sendo que estes foram submetidos a ITU médio de 69.8.

Em outro estudo com metodologia semelhante, porém em uma propriedade no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, com animais criados em sistema *free stall*, cuja média de produção leiteira era de 50 \pm 6Kg/dia e ITU de médio 72,44, ou seja, em condições bem mais desafiadoras, foi utilizada uma dose inferior de taninos condensados de 40g/animal/dia e também houve redução na temperatura interna e aumento na concentração de proteínas no leite de animais suplementados. Além disso, embora sem diferença estatística, os animais que receberam taninos em sua dieta, apresentaram numericamente maior produção de leite e redução nos níveis de CCS, quando comparador aos animais controle. Embora que animais termicamente estressados, devido ao aumento na incidência de mastite e por conta da lesão celular provocada pela hipertermia, tenham tendência em aumentar as concentrações de CCS.

Assim, diante dos fatos apresentados, os taninos parecem ser uma boa estratégia nutricional para animais termicamente estressados.

Osmólitos

Os osmólitos são moléculas orgânicas usadas para manter o equilíbrio entre os líquidos intra e extracelular. As células diante do processo de estresse hipertônico, ou seja, em situações de desidratação como as provocadas pelos mecanismos de evapotranspiração,

durante o estresse térmico, desviam o seu fluído para o meio extracelular. Para compensar essa mobilização solutos inorgânicos, ou seja, eletrólitos migram para o interior da célula, no entanto este efeito pode ser negativo, pois o acúmulo de eletrólitos compromete os sistemas de sinalização celular, bem como, a conformação de proteínas.

As proteínas são as macromoléculas mais abundantes na natureza, no organismo desempenham uma série de funções, tais como, formar o arcabouço que constitui a maioria dos seres vivos, fazem parte da constituição dos anticorpos, de alguns hormônios, moléculas transportadoras e enzimas, estas que são responsáveis por acelerar a velocidade de reações químicas. Para evitar sua desnaturação, durante o estresse hipertônico os osmólitos substituem os solutos inorgânicos, que comprometem a viabilidade celular, por osmólitos orgânicos.

Os osmólitos estão presentes naturalmente no interior das células, em quantidades que variam de acordo com o tipo de organismo vivo e de sua disponibilidade no meio. Estes são classificados em três grupos:

1. **Poliálcoois**, como glicerol e sorbitol.
2. **Aminoácidos e seus derivados** como as metilaminas betaína e sarcosina.
3. **Açúcares**, como a sacarose e triose.

O mecanismo de atuação dos osmólitos envolvem atividades que impedem a desnaturação proteica, o que ocorre sobre a ação de dois efeitos: o solvofóbico e o hidrofóbico.

A desnaturação proteica é uma etapa reversível desde que os seus estados nativo e desnaturado estejam em equilíbrio. O equilíbrio é afetado quando existe alteração em um desses estados ou em ambos. A estabilidade depende da concentração de energia, sendo que esta quando mais baixa, maior é a estabilidade da reação. Com base nesse conhecimento, era de se esperar que os osmólitos atuassem reduzindo a energia contida na proteína, de modo a torná-la estável, no entanto, o que ocorre é justamente o oposto, existe o aumento do conteúdo energético dos dois estados, desnaturado e nativo. Pois, a interação entre osmólito e proteína geralmente não é favorável e por isso o organismo atua envolvendo a proteína com moléculas de água extremamente organizadas, de modo a afastá-la do osmólito. Para que as partículas de água se mantenham organizadas é necessário energia. Assim, os osmólitos promovem a formação de camadas de água tanto na porção desnaturada, quanto na nativa, sendo que na primeira fase citada existe uma maior área de superfície exposta e por consequência a camada de água é maior e mais energia é destinada a essa porção. Diante disso o potencial químico do estado desnaturado é maior, favorecendo o fluxo da reação em direção ao estado neutro, estabilizando a reação, este efeito é chamado de solvofóbico.

Os osmólitos também atuam aumentando a polaridade do solvente, fortalecendo o efeito hidrofóbico, visto que, ocorre a interação entre compostos não polares da proteína com o solvente que é polar, essas reações são desfavoráveis, devido ao aumento da energia livre que provocam. O que se deve ao fato de que os grupamentos apolares para serem solvatados precisam ser envoltos por uma camada de água. Além disso, os osmólitos

aumentam a viscosidade dos solutos, o que contribui para a estabilização da proteína.

A betaína, também chamada de trimetilglicina é um derivado do aminoácido glicina, que pode ser sintetizada de forma endógena a partir do metabolismo da colina ou consumida de maneira exógena, a partir da dieta. Esse composto é amplamente estudado no que se refere a mitigação dos efeitos do estresse térmico, tanto em humanos, quanto em animais. Basicamente existem duas funções principais dessa molécula, uma delas é a doação do grupamento metil, como o nome indica trimetilglicina, existem três grupamentos metil na betaína e estes podem ser doados para os processos de transmetilização, que consistem na formação de compostos a partir de substâncias mais simples, por meio de ligações entre os grupos metil. É por meio desse mecanismo, que a betaína atua em etapas como, conversão da homocisteína em metionina e auxilia na síntese de proteínas importantes para o organismo, como a creatina e carnitina.

O outro papel importante desempenhado pela betaína é a atuação como osmólito orgânico, sendo comprovado o aumento nas suas concentrações intracelulares em indivíduos submetidos ao estresse hipertônico. Este evento se deve a um mecanismo de defesa do organismo, já que a betaína irá manter a o fluido intracelular no interior da célula, preservando o sistema osmótico e assim mantendo a integridade celular.

Durante a hipertermia, as células enfrentam tanto o estresse térmico quanto osmótico, visto que, o mecanismo de sudorese será estimulado e este inicialmente demandará de fluídos extracelulares. Posteriormente, na tentativa de manter o equilíbrio plasmático, a célula passará a perder o líquido intracelular, para o espaço extracelular e este será substituído por eletrólitos. Para combater essa reação, que é responsável por afetar a funcionalidade da célula, ocorre a formação de chaperonas ou HSPs, além disso a betaína tem a propriedade de atuar semelhante a estas moléculas, realizando o rearranjo de proteínas desnaturadas ou promovendo a apoptose de moléculas que sofreram lesões irreversíveis. Porém, nos casos em que o estresse hipertônico, térmico, ácido ou oxidativo é de leve a moderado, as betaínas conseguem combater o estresse celular, sem que sejam elevadas as concentrações de HSPs. O que é positivo, pois diante da menor síntese de HSPs, as proteínas derivadas do catabolismo muscular, durante o estresse térmico, podem assumir outras funções no organismo.

- Em estudos que avaliam cabras suplementadas com betaína sobre condições de estresse térmico foi observado redução nas concentrações de HSP60, 70 e 90.

Conforme citado nos módulos anteriores, o estresse térmico é responsável por quadros de hipóxia intestinal, o que pode provocar a morte de alguns animais por septicemia. A betaína por sua ação positiva sobre o metabolismo celular, também é capaz de manter viável a superfície dos esterócitos, e assim reduzir o fluxo de toxinas, tais como o lipopolissacarídeo de membrana (LPS), para a corrente sanguínea. Este efeito já foi observado em ratos suplementados com betaína.

Alguns estudos demonstram que a utilização de betaína aumenta a função mitocondrial, devido a redução dos efeitos da hipertermia na célula. Embora que um dos mecanismos adaptativos ao estresse térmico seja a redução do metabolismo basal, já

existem relatos de animais que morreram devido a menor síntese de ATP, que por sua vez foi responsável por reduzir a atividade respiratória. Neste sentido a melhora na função mitocondrial, pode ser um ponto positivo para animais estressados termicamente.

Além disso, a betaína:

- A suplementação de betaína nas doses de 57mg de betaína/Kg de peso corporal e a dose alta 114mg de betaína/Kg de peso corporal reduziu a frequência respiratória de vacas submetidas ao ITU de 71.5.
- A suplementação com betaína reduziu a temperatura retal de frangos de corte, pintos e ovelhas submetidos ao estresse térmico.
- A suplementação com betaína pode aumentar em até 6% o volume de leite produzido em vacas estressadas pelo calor, além de aumentar as concentrações de proteína no leite.
- A suplementação com betaína reduziu a incidência de retenção de placenta e metrite em 11,11% em vacas termicamente estressadas.
- A taxa de concepção aumentou em 22,22% em vacas suplementadas com betaína.

I.C.E™ (Internal Cooling Element)

O I.C.E™ é um produto comercial desenvolvido pela empresa de nutrição animal Cargill, é um produto constituído por nutrientes essenciais a saúde animal e por um componente osmótico que auxiliam na hidratação animal. Este produto atua semelhante à um osmólito, evitando a perda de água pelas células, além de garantir a integridade celular mesmo em períodos de hipertermia. Paralelo a esse efeito, existe a ação de vasodilatação, o que melhora as trocas de calor entre animal e ambiente.

Este aditivo apresenta resultados experimentalmente comprovados no que se refere a minimização dos efeitos do estresse térmico, tais como, a redução na temperatura interna de animais suplementados, efeito evidenciado tanto em rebanhos nacionais quanto dos Estados Unidos. Além disso, dados de pesquisa demonstram redução na frequência respiratória de vacas leiteiras tratadas com I.C.E™ durante períodos quentes do ano. Outros efeitos já comprovados são:

- A utilização do aditivo nutricional I.C.E™ aumentou a produção em 2,18Kg/leite/dia em comparação a animais não tratados, durante o estresse térmico.
- A suplementação com I.C.E™ melhora a eficiência da utilização das proteínas da dieta, reduzindo as concentrações de ureia no sangue.
- A utilização deste aditivo está associada ao aumento no tempo de ruminação em certos períodos do dia.
- O I.C.E™ reduz a temperatura interna dos animais em até 0.5°C

REFERÊNCIAS

- Avila, A. S., Zambom, M. A., Faccenda, A., Werle, C. H., Almeida, A. R., Schneider, C. R., Grunevald, D. G. and Faciola, A. P., 2020. Black Wattle (*Acacia mearnsii*) Condensed Tannins as Feed Additives to Lactating Dairy Cows, *Animals*, 10, 662.
- Borba, A. D. M., Writzl, A. C., Teixeira, V. R., Kozloski, G., Orlandi, T. and De Oliveira, L., 2014. Avaliação do uso de extrato tanífero vegetal como suplemento dietético para vacas leiteiras em lactação1. Salão do Conhecimento—Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Social. Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica. IJUÍ—RS.
- Chen, J., Yang, Z. and Dong, G., 2019. Niacin nutrition and rumen-protected niacin supplementation in dairy cows: an updated review, *British Journal of Nutrition*, 122, 1103-1112.
- Conte, G., Ciampolini, R., Cassandro, M., Lasagna, E., Calamari, L., Bernabucci, U. and Abeni, F., 2018. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants, *Italian Journal of Animal Science*, 17, 604-620.
- Cordão, M. A., Pereira Filho, J. M., Bakke, O. A. and Bakke, I. A., 2010. Taninos e seus efeitos na alimentação animal—Revisão bibliográfica. *Pubvet*, 4, Art-924.
- Dominguez, J. H., Lopes, M. G., Machado, F. A., dos Santos, E., Lopes, F., Feijó, J. O., Brauner, C. C., Rabassa, V. R., Corrêa, M. N., Del Pino, F. A. B. and Schmitt, E., 2020. Body Temperature and Reproductive Performance of Beef Heifers Supplemented With Rumen-Protected Methionine, *Journal of Agricultural Studies*, 8, 601-615.
- Dunshea, F. R., Oluboyede, K., DiGiacomo, K., Leury, B. J. and Cottrell, J. J., 2019. Betaine improves milk yield in grazing dairy cows supplemented with concentrates at high temperatures, *Animals*, 9, 57.
- Franck, J. S. Perfil Metabólico, comportamento alimentar e desempenho produtivo de vacas da raça Holandês suplementadas com modulador térmico (I.C.E™) em período de altas temperaturas e umidade. Dissertação (mestrado em Zootecnia)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p.1-55. 2017.
- Griffiths, W. M., Clark, C. E. F., Clark, D. A. and Waghorn, G. C., 2013. Supplementing lactating dairy cows fed high-quality pasture with black wattle (*Acacia mearnsii*) tannin, *animal*, 7, 1789-1795.
- Guo, W. J., Zhen, L., Zhang, J. X., Lian, S., Si, H. F., Guo, J. R. and Yang, H. M., 2017. Effect of feeding Rumen-protected capsule containing niacin, K2SO4, vitamin C, and gamma-aminobutyric acid on heat stress and performance of dairy cows, *Journal of Thermal Biology*, 69, 249-253.
- Hall, L. W., Dunshea, F. R., Allen, J. D., Rungruang, S., Collier, J. L., Long, N. M. and Collier, R. J., 2016. Evaluation of dietary betaine in lactating Holstein cows subjected to heat stress. *Journal of dairy science*, 99, 9745-9753.
- Han, Z. Y., Mu, T. and Yang, Z., 2015. Methionine protects against hyperthermia-induced cell injury in cultured bovine mammary epithelial cells, *Cell Stress and Chaperones*, 20, 109-120.
- Herremans, S., Vanwindekens, F., Decruyenaere, V., Beckers, Y. and Froidmont, E., 2020. Effect of dietary tannins on milk yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: A meta-analysis, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 1-10.
- Kassube, K. R., Kaufman, J. D., Pohler, K. G., McFadden, J. W. and Ríus, A. G., 2017. Jugular-infused methionine, lysine and branched-chain amino acids does not improve milk production in Holstein cows experiencing heat stress. *Animal*, 11, 2220-2228.

Khan, I., Qureshi, M. S., Akhtar, S. and Ali, I., 2016. Fertility Improvement in Cross-Bred Dairy Cows Through Supplementation of Vitamin E as Antioxidant, *Pakistan Journal of Zoology*, 48, 923-930.

Khorsandi, S., Riasi, A., Khorvash, M., Mahyari, S. A., Mohammadpanah, F. and Ahmadi, F., 2016. Lactation and reproductive performance of high producing dairy cows given sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus under heat stress condition, *Livestock Science*, 187, 146-150.

Lopreiato, V., Vailati-Riboni, M., Bellingeri, A., Khan, I., Farina, G., Parys, C. and Looor, J. J., 2019. Inflammation and oxidative stress transcription profiles due to in vitro supply of methionine with or without choline in unstimulated blood polymorphonuclear leukocytes from lactating Holstein cows, *Journal of dairy science*, 102, 10395-10410.

MacLeod, D., Ozimeck, L. and Kennelly, J. J., 1996. Supplemental vitamin C may enhance immune function in dairy cows. In *Proc. Western Canadian Dairy Seminar, Advances in Dairy Technology*, 8, 227-235.

Maldonado, J. G. L., Santos, R. R., De Lara, R. R. and Valverde, G. R., 2017. Impacts of vitamin C and E injections on ovarian structures and fertility in Holstein cows under heat stress conditions, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 41, 345-350.

Matsui, T. 2012. Vitamin C nutrition in cattle, *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25, 597.

Mishra, A., Chaudhary, S. K., Raje, S. and Bisht, P., 2018. Effect of niacin supplementation on milk yield and composition during heat stress in dairy cows: A review, *International Journal Current Microbiology Applied Sciences*, 6, 1719-1724.

Raheja, N., Kumar, N., Patel, B. and Lathwal, S. S., 2018. Effect of dietary betaine on reproductive performance of Karan Fries cows during hot humid season, *International Journal of Current Microbiology Applied Sciences*, 7, 1451-1460.

Shakeri, M., Cottrell, J. J., Wilkinson, S., Zhao, W., Le, H. H., McQuade, R., Furness, J. B. and Dunshea, F. R., 2020. Dietary Betaine Improves Intestinal Barrier Function and Ameliorates the Impact of Heat Stress in Multiple Vital Organs as Measured by Evans Blue Dye in Broiler Chickens, *Animals*, 10, 38.

Szczechowiak, J., Szkudelska, K., Szumacher-Strabel, M., Sadkowski, S., Gwozdz, K., El-Sherbiny, M., Kozłowska, M., Rodriguez, V. and Cieslak, A., 2018. Blood hormones, metabolic parameters and fatty acid proportion in dairy cows fed condensed tannins and oils blend, *Annals of Animal Science*, 18, 155-166.

Viana, Y. A., da Silva Garrote Filho, M. and Penha-Silva, N., 2005. Estabilização de proteínas por osmólitos, *Bioscience Journal*, 21, 83-88.

Vieira, L.V., Cardoso, K. B., Cardoso, J. B., Malaguez, E.G., Halfen, J., Barbosa, A. A., Feijó, J.O., Brauner, C. C., Rabassa, V. R., Corrêa, M. N., Del Pino, F. A. B. and Schmitt, E. 2021. Use of Tannin from Acacia Negra (*Acacia mearnsii* de Wild.) As a Mitigating Additive to the Effects of Heat Stress in Ruminants. (Dados ainda não publicados).

Xiao, Y., Rungruang, S., Hall, L. W., Collier, J. L., Dunshea, F. R. and Collier, R. J., 2017. Effects of niacin and betaine on bovine mammary and uterine cells exposed to thermal shock in vitro, *Journal of Dairy Science*, 100, 4025-4037.

Yue, S., Yang, C., Zhou, J., Wang, Z., Wang, L., Peng, Q. and Xue, B., 2020. Effect of heat stress on intake, rumen physiology, milk production and composition and supplementation of dietary fiber and dietary fats to alleviate heat stress: a review, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57, 1421-1427.

Zhai, R., Dong, X., Feng, L., Li, S. and Hu, Z., 2019. The effect of heat stress on autophagy and apoptosis of rumen, abomasum, duodenum, liver and kidney cells in calves. *Animals*, 9, 854.

Zimbelman, R. B., Collier, R. J. and Bilby, T. R., 2013. Effects of utilizing rumen protected niacin on core body temperature as well as milk production and composition in lactating dairy cows during heat stress, *Animal feed science and technology*, 180, 26-33.

Zimbelman, R. B., Baumgard, L. H. and Collier, R. J., 2010. Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows, *Journal of Dairy Science*, 93, 2387-2394.

SOBRE OS AUTORES

ANTÔNIO AMARAL BARBOSA - Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas (2012), mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia (2015) e Doutorado pelo Programa de Pós Graduação em Veterinária (2019), atualmente é Pós Doutor pelo mesmo Programa de Pós-graduação na Universidade Federal de Pelotas, bolsista Capes. É integrante do Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária - NUPEEC, atuando nas linhas de pesquisa do grupo, com foco em metabolismo animal desenvolvendo atividades direcionadas a estresse térmico, metabolismo energético e inflamatório com tanto de bovinos de leite como de corte nesse período. Tem experiência nas áreas de clínica, reprodução e cirurgia de ruminantes com ênfase em sistema ortopédico de ruminantes. Possui experiência em trabalhos de consultoria.

LAURA VALADÃO VIEIRA - Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas (2019). Atualmente é mestranda pelo programa de Pós-graduação em Zootecnia, na mesma instituição de ensino (2020). É integrante, desde 2017, do Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária- NUPEEC, onde atua nas linhas de pesquisa do grupo, com foco em metabolismo de ruminantes, especialmente bovinos de leite.

KAREN CRUZ FREITAS - Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (2016). Atualmente é discente no curso de Medicina Veterinária, pela Universidade Federal de Pelotas. É integrante, desde 2019, do Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária- NUPEEC, onde desenvolve atividades relacionadas à clínica, cirurgia, reprodução, metabolismo e nutrição de ruminantes.

RUTIELE SILVEIRA - Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (2016). Atualmente é graduanda de Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas, bolsista de Iniciação Científica PBIP-AF/UFPEL pelo projeto Influência do fornecimento mineral com metionina protegida sobre o desempenho reprodutivo e o estresse térmico em novilhas e vacas de corte. Ademais, desde 2018 é colaboradora no Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária - NUPEEC, onde desenvolve atividades relacionadas à clínica, cirurgia, reprodução, metabolismo e nutrição de ruminantes.

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

ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS