

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ALANIS NOVAES SANTOS

**Comparativo de métodos para avaliação de taxa de perda de água por
evaporação cutânea em animais de produção**

Pirassununga

2023

ALANIS NOVAES SANTOS

**Comparativo de métodos para avaliação de taxa de perda de água por
evaporação cutânea em animais de produção**

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de Mestrado em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristiane Gonçalves Titto

Pirassununga

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237c Santos, Alanis Novaes
Comparativo de métodos para avaliação de taxa de
perda de água por evaporação cutânea em animais de
produção / Alanis Novaes Santos ; orientadora
Cristiane Gonçalves Titto. -- Pirassununga, 2023.
65 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Bioclimatologia Animal. 2. Evaporímetro. 3.
Animais Domésticos. I. Titto, Cristiane Gonçalves,
orient. II. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Aulas práticas de Biometeorologia, Etologia e Bem-estar Animal", protocolada sob o CEUA nº 5186060218, sob a responsabilidade de **Cristiane Gonçalves Titto** e equipe; *Thays Mayra da Cunha Leme dos Santos* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 09/03/2018.

We certify that the proposal "Practical classes in Biometeorology, Ethology and Animal Welfare", utilizing 40 Ovines (40 females), 30 Bovines (males and females), 30 Rabbits (males and females), 6 Equines (6 males), 20 Buffalos (males and females), 30 Swines (males and females), 30 Birds (males and females), protocol number CEUA 5186060218, under the responsibility of **Cristiane Gonçalves Titto** and team; *Thays Mayra da Cunha Leme dos Santos* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 03/09/2018.

Finalidade da Proposta: **Ensino (Aula Prática)**

Vigência da Proposta: de **03/2018** a **12/2023** Área: **Zootecnia**

Origem:	Biotério de Pesquisa em Biometeorologia, Etologia e Bem-estar Animal		
Espécie:	Ovinos	sexo: Fêmeas	idade: 1 a 6 anos N: 40
Linhagem:	cruzadas Dorper X Santa Inês		Peso: 35 a 55 kg
Origem:	Biotério de Pesquisa em Biometeorologia, Etologia e Bem-estar Animal		
Espécie:	Bovinos	sexo: Machos e Fêmeas	idade: 1 a 2 anos N: 30
Linhagem:	Angus x Nelore		Peso: 350 a 600 kg
Origem:	Prefeitura do Campus da FZEA da USP		
Espécie:	Coelhos	sexo: Machos e Fêmeas	idade: 1 a 365 dias N: 30
Linhagem:	não se aplica		Peso: 25 a 3000 g
Origem:	Prefeitura do Campus da FZEA da USP		
Espécie:	Equídeos	sexo: Machos	idade: 1 a 15 anos N: 6
Linhagem:	diversas		Peso: 400 a 750 kg
Origem:	Prefeitura do Campus da FZEA da USP		
Espécie:	Bubalinos	sexo: Machos e Fêmeas	idade: 1 a 5 anos N: 20
Linhagem:	Murrah		Peso: 150 a 700 kg
Origem:	Prefeitura do Campus da FZEA da USP		
Espécie:	Suínos	sexo: Machos e Fêmeas	idade: 1 a 60 meses N: 30
Linhagem:	Landrace x Largewhite		Peso: 100 a 30000 g
Origem:	Animais provenientes de outros projetos		
Espécie:	Aves	sexo: Machos e Fêmeas	idade: 1 a 365 dias N: 30
Linhagem:	frangos de corte e poedeiras		Peso: 30 a 3000 g

Resumo: Serão realizadas aulas práticas para os cursos de Medicina Veterinária, Zootecnia e Engenharia de Biosistemas nas disciplinas ZAZ1320 Biometeorologia e Ambiente, ZAZ1341 Etologia e Bem-estar Animal, ZAZ0331 Biometeorologia Zootécnica, ZAZ0047 Etologia e Bem-estar de animais de produção, ZAZ1022 Princípios de Biometeorologia, ZAZ1080 Princípios e Normas de Bem-estar Animal, ZAZ1361 Rastreabilidade e Certificação. Serão aulas de observação de comportamento, teste de tolerância ao calor, avaliação térmica de instalações e de animais estabulados, colocação de brincos e tatuagem. Serão utilizados sempre animais distintos para cada aula semelhante, e entre as espécies serão utilizados ovinos, bovinos, suínos, coelhos, aves, equídeos, bubalinos, com no máximo 10 animais por espécie em cada aula. Em média as disciplinas tem 2 aulas práticas, com apenas uma



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

espécie em cada aula.

Local do experimento: Curral de manejo racional do Biotério de Pesquisa em Biometeorologia, Etologia e Bem-estar Animal.

Pirassununga, 11 de janeiro de 2019

Profa. Dra. Daniele dos Santos Martins
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Profa. Dra. Cristiane Gonçalves Titto
Vice-Cordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

DEDICATÓRIA

A meus pais e minha irmã, por trilhar essa jornada comigo e não deixar de acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, à minha irmã e a meus amigos, que acompanharam todas as etapas deste projeto.

À Prof^a. Dr^a Cristiane Gonçalves Titto, pela orientação e oportunidade.

Aos Professores Doutores Carlos Eduardo Ambrósio, Janaína Silveira da Silva, Jorge Lizardo Diaz, Lilian Elgalise Techio e Sarita Bonagurio Gallo que me ajudaram e contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Ricardo Luiz Moro de Sousa, pelo suporte, reuniões e paciência.

A toda a equipe da biblioteca da FZEA.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade e todas as experiências.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq), número do processo 444874/2020-8.

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

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

SANTOS, A. N. **Comparativo de métodos para avaliação de taxa de perda de água por evaporação cutânea em animais de produção**. 2023. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

O presente estudo teve como objetivo comparar dois métodos de avaliação de taxa de perda de água por evaporação cutânea, de câmara fechada, em animais de produção utilizando um evaporímetro eletrônico portátil e discos de papel colorimétricos. Durante o verão, foram realizadas seis avaliações em cada animal por dia, por três dias não consecutivos, totalizando 18 repetições por animal, em oito caprinos da raça Saanen, oito equinos mestiços, dez bovinos de leite em período seco da raça Holandesa, oito ovinos fêmeas vazias mestiças Dorper x Santa Inês mantidas em pastagem e oito fêmeas vazias mestiças Dorper x Santa Inês mantidas em câmara climática. Além da perda de água por evaporação cutânea, foram avaliadas a temperatura retal, frequência respiratória e temperatura de superfície corporal. O ambiente foi monitorado com uso de termohigrômetro e termômetro de globo negro, com determinação do Índice de Temperatura e Umidade e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade. Foram realizadas análises descritivas, avaliação de distribuição normal por Shapiro-Wilk, correlação de Pearson e regressão entre os métodos, para cada espécie. Quando presente, o período do dia ou ambiente foi avaliado de forma separada. Para caprinos, o ambiente foi favorável a perda de água por evaporação cutânea, apesar de não representar grande estresse para os animais, com coeficiente de correlação entre 0,63 e 0,66 ($P < 0,05$) entre os métodos e as análises de regressão foram em sua maioria, confiáveis, com r^2 entre 0,40 e 0,43 ($P < 0,05$). Para equinos, com coeficiente de correlação entre 0,40 e 0,80 entre os métodos e as análises de regressão a tarde apresentando r^2 de 0,64 ($P < 0,05$). Para ovinos, o ciclo na sombra (conforto) apresentou coeficiente de correlação entre métodos de 0,33 e o ciclo na câmara climática (estresse por calor) foi de 0,61 ($P < 0,05$), e as análises de regressão, respectivamente, com r^2 entre 0,11 e 0,37 ($P < 0,05$). Para os bovinos leiteiros, os métodos apresentaram coeficiente de correlação de 0,30 ($P < 0,05$) e r^2 de 0,09 ($P < 0,05$), indicando baixo ajuste aos dados, mas compatível com valores de outros estudos. Conclui-se que o equipamento VapoMeter® foi eficiente ao coletar dados referente a sudação dos animais,

principalmente quando estes estavam sob algum tipo de estresse térmico ou quando o ambiente estava favorável aos mecanismos de termorregulação ligados a convecção e transpiração.

Palavras-chave: Colorimetria de disco de papel de câmara fechada. Estresse térmico. Evaporímetro eletrônico portátil de câmara fechada. Sudação. Instrumentação em bioclimatologia.

ABSTRACT

SANTOS, A. N. **Comparison of methods for evaluating the rate of water loss by cutaneous evaporation in production animals**. 2023. 65 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

The present study aimed to compare two closed-chamber methods of evaluating the rate of water loss by cutaneous evaporation in production animals using a portable electronic evaporimeter and colorimetric paper discs. During the summer, six evaluations were carried out on each animal per day, for three non-consecutive days, totaling 18 repetitions per animal, in eight Saanen goats, eight crossbred horses, ten dairy cattle in the dry period of the Holstein breed, eight sheep empty crossbred Dorper x Santa Inês females kept in pasture and eight empty crossbred Dorper x Santa Inês females kept in a climatic chamber. In addition to water loss by cutaneous evaporation, rectal temperature, respiratory rate and body surface temperature were evaluated. The environment was monitored using a thermohygrometer and black globe thermometer, with determination of the Temperature and Humidity Index and the Black Globe Temperature and Humidity Index. Descriptive analyses, evaluation of normal distribution by Shapiro-Wilk, Pearson correlation and regression between methods were performed for each species. When present, the time of day or environment was evaluated separately. For goats, the environment was favorable to water loss by cutaneous evaporation, despite not representing great stress for the animals, with a correlation coefficient between 0.63 and 0.66 ($P < 0.05$) between methods and analyzes regression tests were mostly reliable, with r^2 between 0.40 and 0.43 ($P < 0.05$). For horses, with a correlation coefficient between 0.40 and 0.80 between the methods and the afternoon regression analysis showing r^2 of 0.64 ($P < 0.05$). For sheep, the cycle in the shade (comfort) presented a correlation coefficient between methods of 0.33 and the cycle in the climatic chamber (heat stress) was 0.61 ($P < 0.05$), and the regression analyses, respectively, with r^2 between 0.11 and 0.37 ($P < 0.05$). For dairy cattle, the methods showed a correlation coefficient of 0.30 ($P < 0.05$) and r^2 of 0.09 ($P < 0.05$), indicating low adjustment to the data, but compatible with values from other studies. It is concluded that the VapoMeter®

equipment was efficient in collecting data regarding the animals' sweating, especially when they were under some type of thermal stress or when the environment was favorable to thermoregulation mechanisms linked to convection and transpiration.

Keywords: Closed colorimetric paper disc chamber. Heat stress. Closed hand-held electronic evaporimeter chamber. Sweating. Instrumentation in bioclimatology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Relação entre temperatura ambiente e conforto térmico animal....	20
Figura 2 –	Equipamento VapoMeter®.....	26
Figura 3 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da tarde em caprinos.....	35
Figura 4 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da tarde em caprinos.....	36
Figura 5 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do compilado dos ciclos de coletas dos caprinos (manhã e tarde).....	37
Figura 6 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do compilado dos ciclos de coletas dos equinos (manhã e tarde).....	40
Figura 7 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da sombra dos ovinos (mantidos a pasto).....	43
Figura 8 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas dos ovinos mantidos em câmara climática.....	44
Figura 9 –	Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), das coletas realizadas nos bovinos leiteiros.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Severidade do estresse por calor de ruminantes com base na frequência respiratória.....	21
Tabela 2 –	Classificação da condição ambiental e do estresse térmico causado em bovinos leiteiros e caprinos leiteiros, com base no índice de temperatura e umidade (ITU).....	23
Tabela 3 –	Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos caprinos.....	32
Tabela 4 –	Médias das variáveis fisiológicas e meteorológicas coletadas dos ciclos dos caprinos.....	33
Tabela 5 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da manhã dos caprinos.....	33
Tabela 6 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da tarde dos caprinos.....	34
Tabela 7 –	Compilado das correlações entre as variáveis coletadas em ambos ciclos dos caprinos.....	34
Tabela 8 –	Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos equinos.....	37
Tabela 9 –	Médias das variáveis coletadas dos ciclos dos equinos.....	38
Tabela 10 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da manhã dos equinos.....	38
Tabela 11 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da tarde dos equinos.....	39
Tabela 12 –	Compilado das correlações entre as variáveis coletadas em ambos ciclos dos equinos.....	39
Tabela 13 –	Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos ovinos.....	41
Tabela 14 –	Médias das variáveis coletadas dos ciclos dos ovinos.....	41
Tabela 15 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da sombra dos ovinos.....	42
Tabela 16 –	Correlações entre as variáveis do ciclo da câmara climática dos ovinos.....	42
Tabela 17 –	Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos bovinos.....	45

Tabela 18 – Médias das variáveis coletadas dos bovinos.....	45
Tabela 19 – Correlações entre as variáveis observadas para bovinos leiteiros...46	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
FR	Frequência respiratória
FZEA	Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
ITGU	Índice de temperatura de globo e umidade
ITU	Índice de temperatura e umidade
LABE	Laboratório de Biometeorologia e Etologia
S&T	Taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965)
Tar	Temperatura do ar
TCI	Temperatura crítica inferior
TCS	Temperatura crítica superior
TGN	Temperatura de globo negro
TR	Temperatura retal
TS	Temperatura superficial
UR	Umidade relativa
VAP	Taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	TERMORREGULAÇÃO	19
2.2	ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO E ADAPTAÇÃO ANIMAL	22
2.3	AVALIAÇÃO DA TAXA DE PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO CUTÂNEA	24
2.3.1	Técnica de Schleger e Turner	24
2.3.2	VapoMeter®	25
2.2.3	Comparativos entre métodos de avaliação de taxa de sudação	26
3	OBJETIVOS	28
4	METODOLOGIA	29
4.1	LOCAL E CEUA	29
4.2	ANIMAIS E CICLOS	29
4.3	TÉCNICA DE CÂMARA FECHADA DE DISCO DE PAPEL COLORIMÉTRICO	29
4.4	CÂMARA FECHADA DE EVAPORÍMETRO ELETRÔNICO PORTÁTIL	30
4.5	VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS	30
4.6	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	31
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
5	RESULTADOS	32
5.1	CAPRINOS	32
5.2	EQUINOS	37
5.3	OVINOS	40
5.4	BOVINOS LEITEIROS	44
6	DISCUSSÃO	47
6.1	CAPRINOS	48
6.2	EQUINOS	50
6.3	OVINOS	52
6.4	BOVINOS LEITEIROS	54
7	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE	64

1 INTRODUÇÃO

O estresse por calor pode comprometer o bem-estar quando os animais não conseguem se adaptar ao ambiente, tendo como consequência a redução na produção animal (MCMANUS et al., 2011; JOHNSON, 2018). O desconforto térmico causado por variáveis ambientais têm efeito direto nos animais (KAHWAGE et al., 2017; BROWN-BRANDL, 2018), provocando mudanças nas funções biológicas, as quais incluem a redução no consumo de alimentos, distúrbios hormonais e mudanças dos componentes sanguíneos (MARAI et al., 2008).

Diante disso, o animal aumenta seu esforço para dissipar o excesso de calor corpóreo, na tentativa de evitar alterações prejudiciais ao organismo (MARAI et al., 2007). Então, as vias de trocas evaporativas são acionadas, ofego e sudorese, buscando evitar o acúmulo excessivo de calor no organismo (FERREIRA et al., 2009) que pode resultar em aumento da temperatura corpórea.

A sudorese permite o transporte de calor de tecidos mais profundos para a pele (JOHNSON; KELLOGG JR, 2010). Onde ocorre a perda através da evaporação da água da superfície da pele do animal (GEBREMEDHIN et al., 2008). Por isso, a medição da taxa de perda de água por evaporação cutânea é fundamental para estudos que avaliam a termorregulação e a tolerância ao calor em diferentes espécies como equinos, bovinos, caprinos e ovinos. Vários métodos têm sido empregados para determinar a taxa de perda cutânea evaporativa de água em animais (CASTRO et al., 2021). Por exemplo, discos de papel colorimétricos e aparelhos eletrônicos portáteis, ditos evaporímetros.

O método de discos de papel colorimétricos de Schleger e Turner (1965), utiliza o princípio de câmara fechada, é uma ferramenta que se apresenta como prática e confiável para diversos estudos relacionados à pele e sua permeabilidade em humanos e animais ao longo de décadas. Por outro lado, o VapoMeter®, que também usa o princípio de câmara fechada, realiza medições de perda de água transepidérmica, evaporação e permeabilidade de superfícies. Este método fornece uma medida mais rápida e pode reduzir a interferência do observador e possíveis interferências do ambiente.

Porém, ainda é necessário descobrir se esses métodos estão em estreita concordância em relação a taxa de perda cutânea evaporativa de água, bem como se o uso de evaporímetro é capaz de predizer a perda evaporativa de água em caprinos, equinos, ovinos e bovinos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

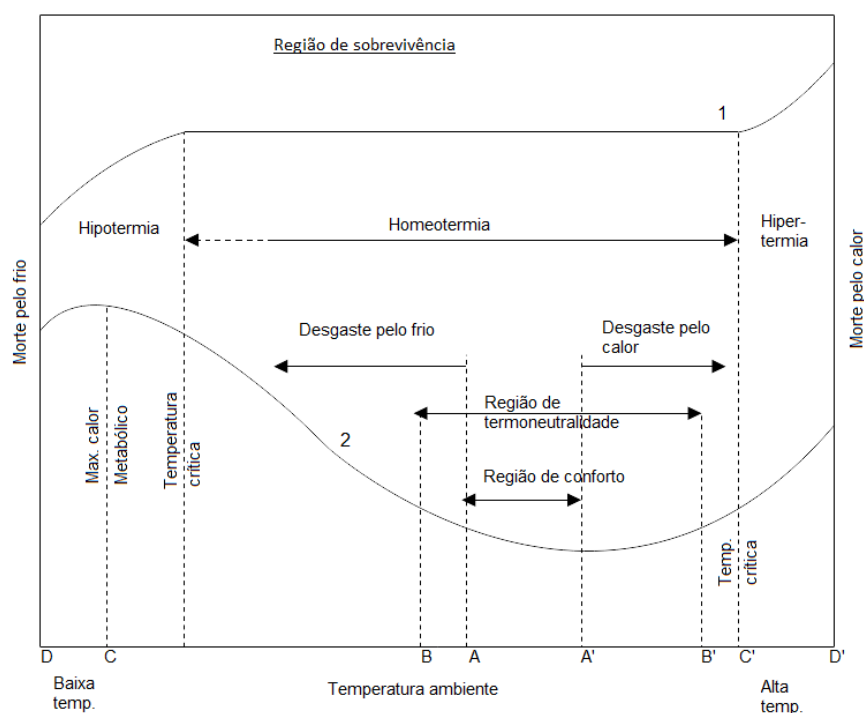
2.1 TERMORREGULAÇÃO

Para que os animais possam se adaptar a diferentes tipos de ambientes e habitats, é vital que utilizem estratégias para regular sua temperatura corporal, esse processo é chamado de termorregulação. É possível classificar os animais em duas categorias, ectotérmicos e endotérmicos, que regulam a temperatura a partir da produção de calor metabólico e da ativa perda de calor para o ambiente. A termorregulação também garante outras funções metabólicas, como crescimento, lactação e reprodução, além de influenciar na alimentação e comportamento (DANTAS et al., 2012; BATISTA et al., 2015; MOREIRA, 2015).

Os mecanismos da manutenção do calor, além de metabólicos, podem envolver mudanças fisiológicas e comportamentais, que auxiliam na constância da temperatura interna dentro da considerada região de conforto, ou dentro da zona de termoneutralidade, que proporciona a ótima produção e que o animal possa expressar seu potencial genético, sendo o estresse por calor um limitante crucial para a produção animal nos trópicos (SOUZA; BATISTA, 2012; BATISTA et al., 2015).

A temperatura do ar está associada ao conforto térmico do animal, e seu impacto sobre a temperatura interna e gasto energético (Figura 1; NÃÃS, 1989).

Figura 1 – Relação entre temperatura ambiente e conforto térmico animal



Fonte: Adaptado de Nããs (1989)

A linha 1 representa a variação de temperatura interna do animal; a linha 2 o gasto energético para manutenção da temperatura, para ganho e perda de calor; as letras D, C, B e A representam as temperaturas críticas inferiores (TCI) para cada área que delimitam; e as letras A', B', C' e D' representam as temperaturas críticas superiores (TCS) para cada área que delimitam (NÃÃS, 1989).

Os animais podem perder calor através dos meios de radiação, condução e convecção. Em regiões tropicais, nem sempre o clima é favorável às trocas a partir dos meios de radiação e convecção, pois estes dependem da diferença da temperatura superficial do animal e da temperatura do ambiente, o que leva à ativação de outros mecanismos, como a sudorese e ofego, estes ligados à umidade do ambiente. Assim, nesses ambientes tropicais, por vezes, a evaporação é o mecanismo mais eficiente de perda de calor para os animais, por não depender da temperatura do ar, mas da temperatura da superfície e umidade da atmosfera (SOUZA; BATISTA, 2012; NOBRE, 2013).

É possível avaliar diretamente as alterações que o ambiente pode induzir nos processos fisiológicos do animal, pela avaliação da temperatura corporal,

temperatura retal, frequência respiratória e cardíaca, taxa de perda de água por evaporação cutânea, que indicam a tolerância do animal à condição imposta pelo clima, o grau de esforço que o animal está realizando para perder calor e se os mecanismos termorreguladores têm sido eficientes na manutenção da sua temperatura (FURTADO et al., 2012; NOBRE, 2013).

Um parâmetro fisiológico importante é a frequência respiratória, que é utilizada como um indicador do nível de estresse térmico que o ambiente está causando no animal, alguns autores que utilizam esse parâmetro são Osterno et al. (2011), que citam faixas padrão para ruminantes em geral (Tabela 1); Viana (2013), que cita os valores de referência para caprinos em estresse, além de dissertar sobre o impacto do estresse sobre a reprodução; Silva (2020), que cita os valores para equinos em estresse; Catalano (2014), que estudou o controle das alterações fisiológicas causadas pelo estresse térmico; e Costa et al. (2019), que estudam a relação do estresse térmico, frequência respiratória e a vascularização de estruturas ovarianas. Existem também trabalhos que avaliam a relação do estresse térmico e a frequência respiratória para outras espécies, como os de Silva et al. (2007) e Marchini et al. (2007) que estudaram os efeitos do estresse térmico em frangos de corte; e Oliveira (2016), que estudou os efeitos do estresse em suínos.

Tabela 1 – Severidade do estresse por calor de ruminantes com base na frequência respiratória

Frequência Respiratória (mov/min)	Nível de estresse
40 a 60	Estresse baixo
60 a 80	Estresse médio alto
80 a 120	Estresse alto

Fonte: Adaptado de Osterno et. al. (2011)

A temperatura retal também é utilizada como um indicador de adaptabilidade de suma importância, pois é utilizado pelo animal como última resposta ao ambiente, sendo assim, a temperatura retal aumenta quando os outros mecanismos termorreguladores não foram capazes de liberar calor suficiente para manter a homeostase (DANTAS et al., 2012).

2.2 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO E ADAPTAÇÃO ANIMAL

Uma vez conhecidos os mecanismos de termorregulação, para estipular o conforto térmico e a adaptação das espécies e raças aos ambientes e situações adversas, é importante ter em mente os fatores determinantes a esses índices, que são o ambiente, a capa externa, características corporais e respostas fisiológicas (SILVA, 2000). Neste estudo, os dois fatores-chave são o ambiente e as respostas fisiológicas.

Os fatores ambientais são temperatura do ar, umidade do ar, temperatura radiante, radiação solar, vento e pressão atmosférica. Já as respostas fisiológicas são temperatura (retal, epiderme, entre outras), taxa de perda de água por evaporação cutânea, trocas respiratórias, produção de leite, taxa de crescimento e desenvolvimento, fertilidade, níveis hormonais e metabolismo (SILVA, 2000; ROCHA et. al., 2012).

A partir de uma classificação feita por Nããs (1989), os aspectos de conforto térmico podem ser classificados em índices biofísicos, índices subjetivos e índices fisiológicos. No qual os índices fisiológicos têm base na reação originada por condições conhecidas de temperatura do ar, temperatura radiante, umidade do ar e vento. O termômetro de globo negro indica um valor de temperatura que é calculado a partir de uma combinação da energia radiante, temperatura do ar e vento. A partir dessa classificação e dos fatores determinantes, chega-se aos índices utilizados neste estudo.

O índice de temperatura e umidade (ITU), foi desenvolvido por Thom (1958) para servir de índice de conforto térmico humano, posteriormente Johnson et al. (1962) iniciou o uso deste para descrever o conforto térmico de bovinos leiteiros. Com faixas de valores padrão sendo definidas por volta de 1985 e posteriormente adaptado para outras espécies, como caprinos (Tabela 2). E sua equação se apresenta como:

$$ITU = (1,8 * Ta + 32) - [(0,55 - 0,0055 * UR) * (1,8 * Ta - 26)] \quad (1)$$

Fonte: NRC, 1971.

na qual T_a representa a temperatura do ar em °C e UR a umidade relativa do ar em %.

Tabela 2 – Classificação da condição ambiental e do estresse térmico causado em bovinos leiteiros e caprinos leiteiros, com base no índice de temperatura e umidade (ITU)

Classificação da condição ambiental / do estresse	Bovinos leiteiros e índice geral	Caprinos leiteiros
Normal / Normal	$ITU \leq 70$	$ITU \leq 80$
Crítica / Alerta	$71 \leq ITU \leq 78$	$80 \leq ITU \leq 85$
Perigosa / Perigo	$79 \leq ITU \leq 83$	$85 \leq ITU \leq 90$
Emergência / Extremo	$ITU > 83$	$ITU > 90$

Fonte: Adaptado de Johnson et. al. (1985) e Silanikove e Koluman (2015)

O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981), utiliza as medidas do termômetro de globo negro, portanto, considera a irradiação solar, que pode influenciar significativamente nas trocas realizadas pelos animais, é mais utilizado para criações em campo aberto, que leva a um indicador mais acurado para animais em ambientes tropicais. Utiliza a mesma equação já citada de ITU, porém utilizando-se da temperatura de globo negro ao invés da temperatura do ar.

Com a expansão do uso dos índices de conforto térmico animal, a adaptação desses índices para as espécies domésticas mais usuais e necessidade de aumentar a produtividade e bem-estar animal, estudos para facilitar o acesso a medidas e instrumentos importantes começaram a ser feitos. Um estudo realizado de suma importância para disseminar medições que nem sempre são acessíveis é o de Silva (2006), cuja tese consiste no zoneamento bioclimático de todo o território brasileiro, com foco na produção agrícola e seu trabalho condensa dados climatológicos e da criação.

Também é importante citar Abreu et. al. (2011), que desenvolveram um método de estimar a temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco, cuja justificativa é exatamente a dificuldade de se obter medições de temperatura de globo negro das estações meteorológicas distribuídas ao longo do país. Essa estimativa proposta pelos autores é realizada a partir de valores que são

fornecidos e já compõem diversos bancos de dados das estações meteorológicas, que podem ser facilmente acessados pelos interessados.

Outro trabalho, cujo foco é facilitar o acesso a instrumentos importantes é o de iniciação científica e o trabalho de conclusão de curso de Barcelos (2022), que avaliou alternativas para o termômetro de globo negro, analisando o desempenho de propostas mais acessíveis e que podem ser construídas pelos próprios usuários desses termômetros, a fim de realizar a estimativa do ITGU preferencialmente, a partir dessas estações meteorológicas locais de baixo custo.

2.3 AVALIAÇÃO DA TAXA DE PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO CUTÂNEA

2.3.1 Técnica de Schleger e Turner

Método de medição de taxa de perda de água por evaporação cutânea adaptado por Schleger e Turner (1965), também chamado de colorimetria, consiste na marcação do tempo de mudança de cor de discos de papel-filtro embebidos com uma solução de cloreto de cobalto (CoCl_2) ao entrar em contato com a pele do animal. Para isso, o papel embebido com a solução de cloreto de cobalto é cortado com ajuda de um furador em pequenos círculos, que são fixados em trios em lâminas para microscopia, estas lâminas são aquecidas em uma estufa com temperatura a 50°C ou superior até os discos de papel-filtro atingirem a coloração azulada e então guardadas em um dessecador até o momento do uso. A medição da sudorese pode ser feita em diversos locais do corpo do animal, sendo necessário levar em consideração que cada local pode apresentar uma maior ou menor sudorese, de acordo com as características da espécie estudada. Para fixar os discos, é preciso realizar a tricotomia na região, para que o papel entre em contato direto com a pele, evitando o pelame e então, é cronometrado o tempo que cada disco leva para mudar da coloração azul para a rósea, e a determinação da taxa de perda de água por evaporação cutânea é a partir da inserção da média desses três tempos na equação (SCHLEGER; TURNER, 1965; BERTIPAGLIA et al., 2007; FERREIRA et al., 2009):

$$S\&T = 22 * 3600 / 2,06 * t \quad (2)$$

Fonte: Schleger; Turner, 1965.

na qual t representa a média das medições independentes dos três discos de cada lâmina, em segundos. A equação confere o resultado em $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

2.3.2 VapoMeter®

Desenvolvido pela empresa Delfin Technologies, o VapoMeter® pode ser utilizado para medições de taxa de perda de água transepidermica, evaporação e permeabilidade. Este equipamento portátil (Figura 2) não necessita de calibração antes de cada medida, não é sensível a possíveis correntes de ar que podem causar interferência nas medições e pode ser utilizado nas superfícies em qualquer ângulo, sendo possível utilizar em uma gama de estudos clínicos com diversas aplicações, possuindo precisão em dados coletados até $300 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, segundo seu fabricante (DELFIN TECHNOLOGIES a, DELFIN TECHNOLOGIES b).

O VapoMeter® opera a partir do princípio de medição de câmara fechada, que elimina diversos fatores que interferem nos resultados, oferecendo medições mais confiáveis. Seu núcleo consiste em um sensor de umidade em uma câmara de medição, esta câmara é fechada pela pele ou outra superfície de contato durante a medição, assim, o sensor monitora o aumento da umidade relativa dentro da câmara. Para calcular o resultado, que é dado em $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, o equipamento também utiliza sensores externos, que coletam a temperatura e umidade do ambiente (DELFIN TECHNOLOGIES a, DELFIN TECHNOLOGIES b)

Diversos estudos em diversas espécies e com diversas aplicações utilizam este equipamento, dentre as aplicações, é possível citar o teste nas funções de barreira da pele, irritações da pele, hiperidrose e cicatrização, além de permitir estudos *in vitro*; Mojeiko et al. (2019) realizou estudos voltados para quimioprevenção do câncer de mama; para estudos em humanos, é possível citar Park et al. (2021), Kim et al. (2017), Perala et al. (2019) e Lee et al. (2020); para estudos em animais, há Hazama et al. (2016) cujos estudos focam em ratos, Momota et al. (2013) cujos estudos focam em gatos, Shwartz et al. (2009) cujos

estudos abordam bovinos leiteiros, Muñoz-Garcia et al. (2012) cujos estudos focam em morcegos e Lau-Gillard et al. (2010) cujos estudos focam em cães.

Figura 2 – Equipamento VapoMeter®



Fonte: Delfin Technologies b.

2.3.3 Comparativos entre métodos de avaliação de taxa de sudação

Existem também estudos que se utilizam da comparação de equipamentos para validação ou apreciação de seus resultados, como o de Silva (2009) cuja tese incluiu avaliações da eficiência da barreira cutânea através de avaliação da perda de água transepidermica. O autor investigou ação de produtos farmacêuticos na pele com a avaliação da perda de água sendo coletada com dois equipamentos, um que utiliza o método de câmara aberta e o VapoMeter®, que utiliza o método de câmara fechada, comparando o resultado dados pelos equipamentos, que não se mostraram consoantes. Através das coletas e análises estatísticas, para este fim e em comparação com o outro equipamento de câmara aberta, o VapoMeter® apresentou uma maior variabilidade dos dados e uma menor precisão, mesmo se mostrando eficiente.

Utilizando-se deste mesmo equipamento, Miotto et. al. (2018) concluíram que o presente evaporímetro foi eficaz ao quantificar sudação de pessoas com hiperidrose e pessoas hígdas, apresentando valores diferentes para esses grupos e valores comparáveis para o grupo de pessoas hígdas e pessoas com hiperidrose no

pós-operatório da simpatectomia. Concluindo que o evaporímetro pode ser utilizado de forma quantitativa e objetiva para o diagnóstico dessa condição. Assim como Sakiyama et. al. (2012), através de estudos que envolviam pacientes com diagnóstico de hiperidrose, foram capazes de concluir que a ferramenta se mostrou precisa e confiável para quantificar e avaliar a transpiração nas regiões palmar e plantar.

Em estudos comparativos que avaliaram a perda de água cutânea em animais, Fonsêca et. al. (2022) utilizaram os métodos de disco de papel colorimétrico, evaporímetro eletrônico VapoMeter® e cápsula ventilada de fluxo contínuo em caprinos e ovinos, no qual o evaporímetro eletrônico e o disco de papel colorimétrico mostraram valores superestimados, sendo o método de disco de papel colorimétrico com valores mais próximos do método de cápsula ventilada de fluxo contínuo. Tal variação foi atribuída ao requisito de raspagem do pelame e definida a cápsula ventilada de fluxo contínuo como sendo mais precisa nessas situações.

3 OBJETIVOS

O objetivo da condução do presente trabalho é comparar dois métodos de avaliação de taxa de perda de água por evaporação cutânea em animais de produção utilizando uma câmara fechada de evaporímetro eletrônico portátil (VapoMeter®, Delfin, Finland), e uma câmara fechada de disco de papel colorimétrico (SCHLEGER; TURNER, 1965). Também estabelecer equações para prever a taxa de perda de água por evaporação cutânea do disco de papel colorimétrico a partir dos valores dados pelo evaporímetro eletrônico portátil.

4 METODOLOGIA

4.1 LOCAL E CEUA

O trabalho foi conduzido na Universidade de São Paulo, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Campus Fernando Costa, localizado na cidade de Pirassununga. Sob o CEUA nº 5186060218, com armazenamento no banco de dados do Laboratório de Biometeorologia e Etologia (LABE). Os animais que passaram pelos procedimentos pertenciam à Prefeitura do Campus Fernando Costa.

4.2 ANIMAIS E CICLOS

Para o experimento foram avaliados oito caprinos da raça Saanen, oito equinos mestiços, dez bovinos de leite da raça Holandesa (em período seco), oito ovinos fêmeas vazias mestiças Dorper x Santa Inês mantidas em pastagem e oito fêmeas vazias mestiças Dorper x Santa Inês mantidas em câmara climática.

O experimento foi conduzido durante o verão. Para caprinos e equinos, as medidas foram realizadas em ambiente coberto nos períodos da manhã e tarde. Para os bovinos de leite, as medidas foram realizadas em ambiente coberto somente no período da tarde. Para os ovinos, os animais estavam localizados em dois ambientes distintos, sendo considerado um ciclo dentro da câmara climática com temperatura acima da zona de conforto e o segundo ciclo na sombra.

4.3 TÉCNICA DE CÂMARA FECHADA DE DISCO DE PAPEL COLORIMÉTRICO

Para a utilização da técnica de medição de taxa de perda de água por evaporação cutânea de Schleger e Turner, foram utilizados discos de papel-filtro, lâminas para microscopia, solução de cloreto de cobalto (CoCl_2) e fita adesiva. A solução de CoCl_2 é colocada no papel com um conta-gotas, após o papel ser completamente coberto, foi cortado com um alicate furador de papel e fixado em

trios com fita adesiva em lâminas para microscopia. As lâminas foram colocadas em uma estufa, aquecidas até atingirem a coloração azul intensa e então colocadas em um dessecador de vidro até o momento de sua utilização.

Para a aplicação dessa técnica colorimétrica, foi feita tricotomia nos animais em uma área de 3 cm², aproximadamente 20 cm abaixo da coluna vertebral, entre a 10^a e a 11^a costelas, em seguida, os discos de papel preparados anteriormente são retirados do dessecador, descolados da lâmina e rapidamente fixados na área tricotomizada, em contato direto com a pele. Com auxílio do cronômetro, é contado o tempo em segundos, que os discos levam para mudar da cor azul intensa para rósea.

As observações foram realizadas individualmente por duas pessoas experientes, a fim de minimizar variações, o tempo de mudança de coloração dos três discos foi cronometrado de forma independente e a média, que é o valor utilizado para realização das estatísticas, foi calculada a partir da equação proposta pelo método (Equação 2).

4.4 CÂMARA FECHADA DE EVAPORÍMETRO ELETRÔNICO PORTÁTIL

O equipamento VapoMeter® (Delfin, Finland) foi utilizado para medir a taxa de perda de água por evaporação cutânea. O equipamento foi colocado encostado na pele do animal, aproximadamente 20 cm abaixo da coluna vertebral, entre a 10^a e a 11^a costela dos animais e acionado. O valor dado pelo equipamento, em g.m⁻².h⁻¹, foi anotado tal como é mostrado no visor.

4.5 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Foram realizadas 6 medidas das variáveis fisiológicas em cada animal por dia, por 3 dias não consecutivos, totalizando 18 repetições por animal.

Para medir a frequência respiratória (FR), foi anotado o número de movimentações diafragmáticas do animal em 15 segundos, com auxílio de um cronômetro digital, e o número de movimentos foi multiplicado por 4, para que fosse possível estimar o número de movimentos respiratórios por minuto.

Para medir a temperatura, foi utilizado um termômetro digital, com sua ponta metálica sendo inserida no reto do animal, encostando na parede retal. O equipamento foi higienizado com uma solução com álcool após cada utilização.

A temperatura superficial foi medida com auxílio de um termômetro infravermelho digital, que é passado por 5 segundos a uma distância de aproximadamente 15 cm do dorso do animal e ao fim o equipamento mostra a média dos pontos da temperatura corpórea.

4.6 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As seguintes variáveis meteorológicas foram coletadas com auxílio de um termômetro de globo: temperatura do ar (Tar) em °C; umidade relativa (UR) em %; temperatura de globo negro (TGN) em °C; e calculado o índice de temperatura e umidade (ITU); e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados de forma independente para cada espécie. Primeiramente houve a avaliação de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Após comprovação da normalidade, foi realizada correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e meteorológicas com significância a 5%. Foi realizada análise de regressão entre as medidas realizadas pelos dois métodos para avaliação da taxa de perda de água por evaporação cutânea: VapoMeter® e por Schleger e Turner (1965). Quando presente, as análises foram realizadas por período do dia. Os resultados descritivos são apresentados em relação a média, desvio padrão, mínimo e máximo para cada variável. As análises foram realizadas no software SAS versão 9.4.

5 RESULTADOS

5.1 CAPRINOS

Nos caprinos (Tabela 3), os valores dados pelo equipamento VapoMeter® (Delfin, Finland), identificados ao longo das tabelas como VAP, e aos valores obtidos pela técnica de Schleger e Turner, identificados como S&T. Não houve diferença entre eles para os ciclos da manhã e tarde ($P > 0,05$).

Os valores de taxa de perda de água por evaporação cutânea são em escala distinta para os dois métodos, apesar de terem a mesma unidade. A divergência mais significativa encontrada entre os métodos que são foco do estudo, foi no período da manhã, na qual S&T apresentou um valor de $435,22 \pm 173,54 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ com sua máxima chegando a $798,06 \pm 173,54 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e VAP apresentou $38,78 \pm 8,48 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, com a máxima chegando a somente $50,20 \pm 8,48 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Apesar disso, houve correlação moderada (Tabelas 5, 6, 7) entre os métodos ($P < 0,05$).

Os valores de ITU e ITGU no período da manhã se mantiveram dentro da faixa (SILANIKOVE E KOLUMAN, 2015) considerada crítica, no período da tarde, a diferença entre ITU e ITGU foi visível, com ITU atingindo valor considerado perigoso de $80,53 \pm 0,13$ e ITGU no mesmo período atingindo um valor considerado de emergência de $86,00 \pm 1,35$. No compilado entre os períodos, ITU se mostrou mais brando, com $78,51 \pm 2,19$ e ITGU se manteve na faixa de perigo, próximo à de emergência, com $82,09 \pm 4,21$.

Tabela 3 – Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos caprinos

	S&T ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)	VAP ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)
Manhã	$435,22 \pm 173,54$	$38,78 \pm 8,48$
Tarde	$495,31 \pm 121,26$	$45,87 \pm 11,13$
P x ciclos	0,34	0,09
Compilado	$465,27 \pm 149,59$	$42,33 \pm 10,33$

S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®. Fonte: Própria autoria.

Tabela 4 – Médias das variáveis fisiológicas e meteorológicas coletadas dos ciclos dos caprinos

	Manhã	Tarde	P x ciclos	Média do dia
TR (°C)	38,78 ± 0,39	39,20 ± 0,33	0,01	38,99 ± 0,41
TS (°C)	34,3 ± 1,99	36,52 ± 0,91	0,01	35,43 ± 1,87
FR (mov/min)	25,67 ± 7,13	52,67 ± 6,57	0,01	39,17 ± 15,33
Tar (°C)	28,63 ± 1,51	33,88 ± 0,18	0,01	31,28 ± 2,88
UR (%)	51,08 ± 8,25	36,08 ± 1,38	0,01	43,58 ± 9,60
TGN (°C)	29,96 ± 1,92	38,58 ± 0,94	0,01	34,27 ± 4,65
ITU	76,48 ± 1,03	80,53 ± 0,13	0,01	78,51 ± 2,19
ITGU	78,18 ± 1,35	86,00 ± 1,35	0,01	82,09 ± 4,21

TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Os valores de correlações para as medidas de TS, FR, TAR, UR, TGN, ITU e ITGU medidas no período da manhã para os caprinos foi acima de 0,59, considerada alta (Tabela 5).

Tabela 5 – Correlações entre as variáveis do ciclo da manhã dos caprinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,66**	-0,14	-0,29	-0,14	0,14	-0,26	0,15	-0,01	0,07
VAP		-0,09	-0,32	0,07	-0,01	-0,23	0,04	-0,23	-0,08
TR			0,21	0,47	0,31	-0,02	0,23	0,51*	0,34
TS				0,61**	0,73**	-0,61**	0,74**	0,68**	0,78**
FR					0,77**	-0,73**	0,78**	0,64**	0,76**
Tar						-0,88**	0,98**	0,90**	0,98**
UR							-0,94**	-0,59**	-0,84**
TGN								0,82**	0,97**
ITU									0,91**

**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Para as medidas do período da tarde em caprinos (Tabela 6) a FR apresentou uma correlação (P<0,10) com VAP e com a temperatura superficial (TS), assim como a Tar e a TR. As fortes correlações se mantiveram entre as variáveis meteorológicas somente (P<0,05), não mostrando um nível de significância

considerável em suas correlações com as variáveis fisiológicas, com exceção da citada anteriormente.

Tabela 6 – Correlações entre as variáveis do ciclo da tarde dos caprinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,63**	0,12	-0,27	-0,49	-0,13	0,16	0,06	0,11	0,09
VAP		0,16	-0,02	-0,50*	-0,23	0,06	-0,19	-0,25	-0,14
TR			0,42	0,24	-0,58*	0,49	0,29	0,09	0,35
TS				0,50*	-0,15	0,01	-0,30	-0,23	-0,24
FR					0,10	-0,25	-0,37	-0,34	-0,36
Tar						-0,87**	-0,50	-0,19	-0,61**
UR							0,76**	0,64**	0,85**
TGN								0,75**	0,99**
ITU									0,76**

**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

É possível afirmar que houve uma forte correlação (P<0,05) entre todas as variáveis meteorológicas e fisiológicas para os caprinos ao longo do dia (Tabela 7).

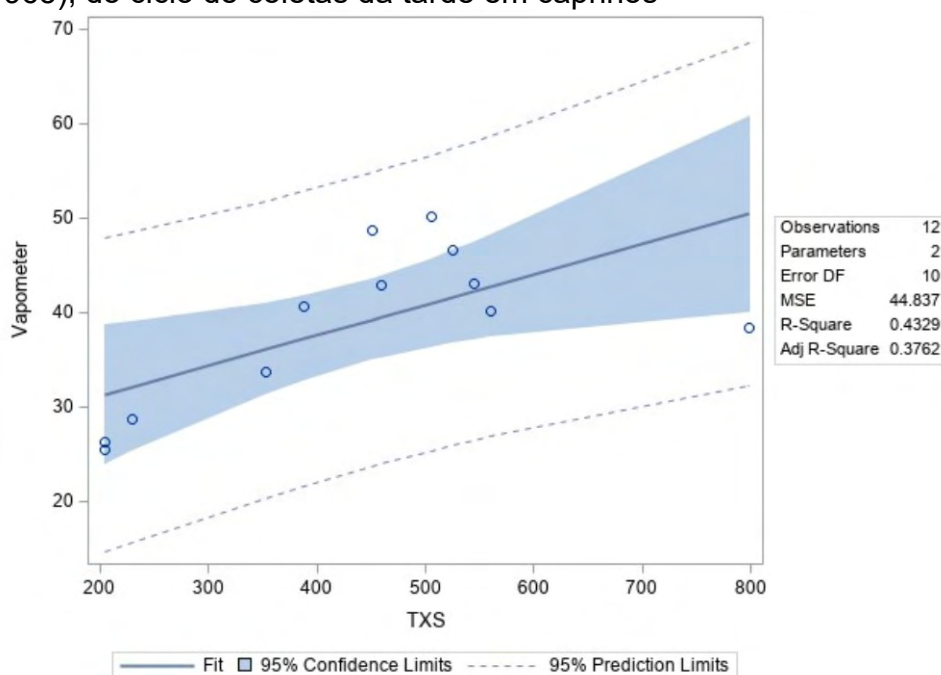
Tabela 7 – Compilado das correlações entre as variáveis coletadas em ambos ciclos dos caprinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,64**	0,07	-0,10	0,07	0,23	-0,28	0,23	0,19	0,22
VAP		0,21	0,07	0,22	0,32	-0,35*	0,32	0,28	0,30
TR			0,48**	0,60**	0,54**	-0,39**	0,55**	0,60**	0,58**
TS				0,73**	0,74**	-0,74**	0,70**	0,72**	0,67**
FR					0,93**	-0,86**	0,91**	0,91**	0,88**
Tar						-0,94**	0,98**	0,98**	0,96**
UR							-0,91**	-0,86**	-0,85**
TGN								0,98**	0,99**
ITU									0,97**

**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

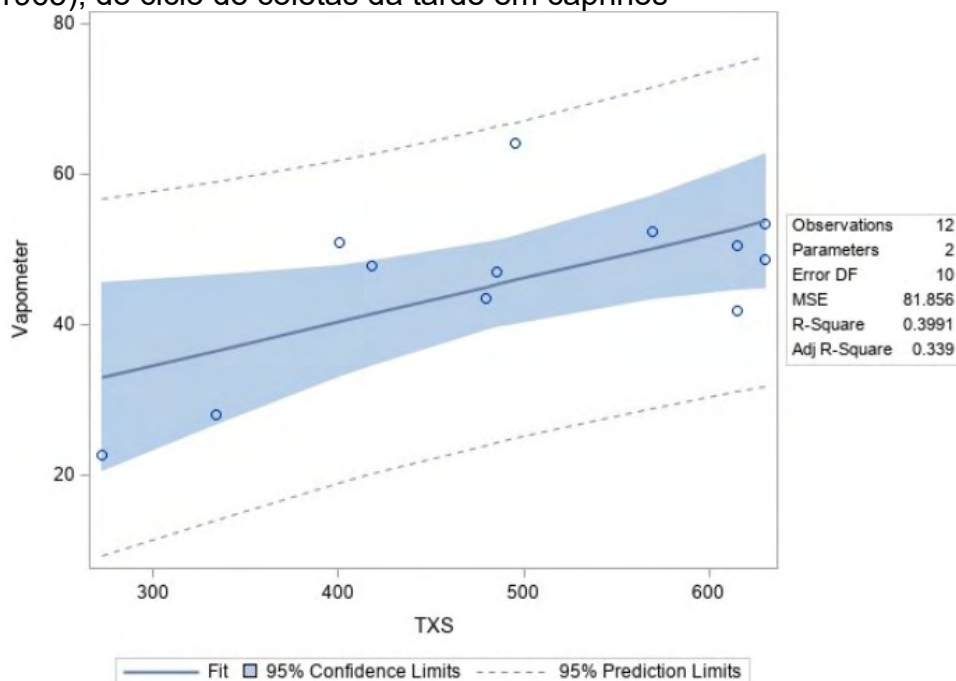
Na análise de regressão, o modelo demonstrou confiabilidade ($P < 0,05$) no período da manhã, assim como seus parâmetros, mas é possível observar um viés em seus resíduos (Figura 3). A análise resultou na relação de $VAP = 24,793 + 0,0321 * S\&T$ com R^2 de 0,43. No período da tarde, o modelo e a estimativa da taxa de perda de água por evaporação cutânea também demonstram um alto nível de confiabilidade ($P < 0,05$), ao contrário do intercepto ($P > 0,05$), a relação resultante foi $VAP = 17,155 + 0,058 * S\&T$ com R^2 de 0,40 (Figura 4). Já o compilado apresentou modelo e previsões confiáveis ($P < 0,05$), com relação de $VAP = 21,914 + 0,0439 * S\&T$ e $R^2 = 0,40$ (Figura 5).

Figura 3 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da tarde em caprinos



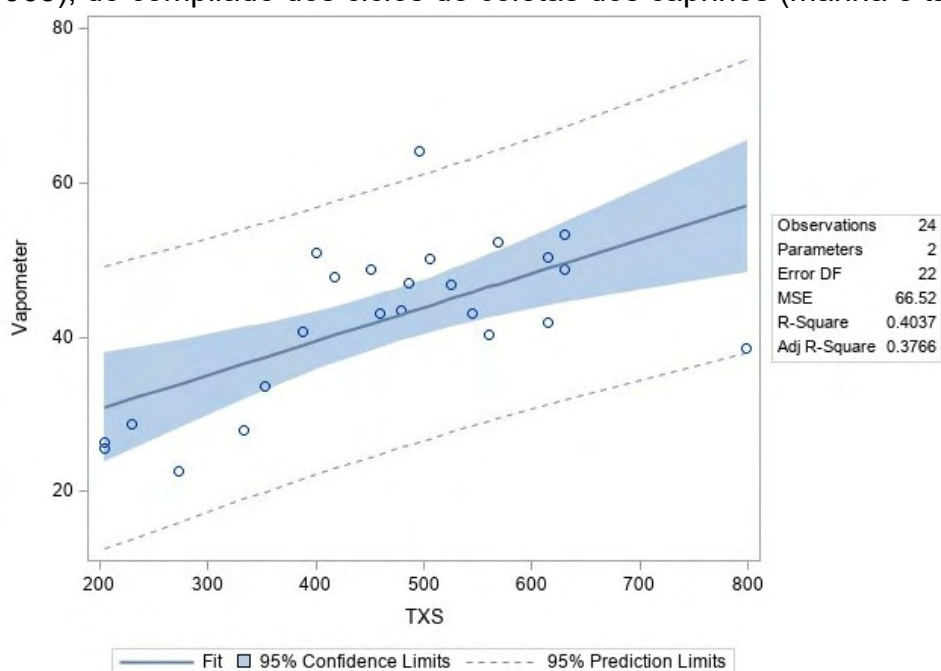
Fonte: Própria autoria.

Figura 4 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da tarde em caprinos



Fonte: Própria autoria.

Figura 5 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do compilado dos ciclos de coletas dos caprinos (manhã e tarde)



Fonte: Própria autoria.

5.2 EQUINOS

Em todos os ciclos dos equinos, houve uma visível discrepância entre os valores coletados entre os métodos de S&T e VAP (Tabela 8), em contrapartida, essas variáveis citadas obtiveram correlação com p-valor inferior a 0,05 com as variáveis meteorológicas no ciclo da manhã (Tabela 10) e no compilado dos ciclos, também obtiveram uma forte correlação entre si ($P < 0,05$) no ciclo da tarde (Tabela 11) e no compilado dos ciclos (Tabela 12).

Os valores coletados de S&T no período da manhã apresentaram uma menor amplitude quando comparados aos da tarde, com seu máximo atingindo $800,97 \pm 184,03 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, e para os valores coletados da VAP, a amplitude foi consideravelmente mais discreta no mesmo período, com seu máximo atingindo $33,60 \pm 7,30 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

Os valores de ITU e ITGU coletados foram próximos em todos os ciclos (Tabela 9). No período da manhã, os valores de ITU e ITGU foram $76,97 \pm 2,27$ e $79,52 \pm 2,97$ respectivamente, o que corresponde à faixa crítica. No período da tarde, ambas variáveis estavam na faixa de emergência, já no compilado dos ciclos, se mantiveram no nível de perigo.

Tabela 8 – Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos equinos

	S&T ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)	VAP ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)
Manhã	$441,20 \pm 184,03$	$24,62 \pm 7,30$
Tarde	$754,66 \pm 434,65$	$43,27 \pm 5,44$
P x ciclo	0,03	0,01
Compilado	$597,93 \pm 363,57$	$33,95 \pm 11,42$

S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schlegler e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®. Fonte: Própria autoria.

Tabela 9 – Médias das variáveis coletadas dos ciclos dos equinos

	Manhã	Tarde	P x ciclo	Média do dia
TR (°C)	37,42 ± 0,14	37,63 ± 0,19	0,01	37,52 ± 6,94
TS (°C)	36,53 ± 2,32	37,57 ± 1,25	0,18	37,05 ± 1,90
FR (mov/min)	28,00 ± 5,91	35,33 ± 9,32	0,03	31,67 ± 8,50
Tar (°C)	30,87 ± 3,13	37,45 ± 0,39	0,01	34,16 ± 4,00
UR (%)	37,08 ± 8,23	30,75 ± 1,05	0,01	33,92 ± 6,59
TGN (°C)	33,10 ± 3,87	39,89 ± 0,88	0,01	36,50 ± 4,42
ITU	76,97 ± 2,27	83,44 ± 0,27	0,01	80,20 ± 3,67
ITGU	79,52 ± 2,97	86,15 ± 0,79	0,01	82,83 ± 3,99

TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

No período da manhã (Tabela 10), a única variável fisiológica que apresenta uma forte correlação ($P < 0,05$) com S&T foi a TS, que também se correlacionou ($P < 0,05$) com Tar e ITU. Neste mesmo período, VAP se correlacionou ($P < 0,05$) somente com as variáveis ambientais. No ciclo de coletas da tarde (Tabela 11), TS apresentou correlação positiva ($P < 0,05$) com FR e negativa ($P < 0,10$) com a umidade relativa (UR). Já no compilado (Tabela 12), a TR apresentou uma correlação ($P < 0,10$) com TS, FR se correlacionou ($P < 0,05$) com todas as variáveis, exceto S&T e TR, e TS se correlacionou ($P < 0,10$) com VAP e TR, e com todas as outras variáveis ($P < 0,05$). Em todos os períodos, as variáveis ambientais obtiveram uma forte correlação ($P < 0,05$) entre si.

Tabela 10 – Correlações entre as variáveis do ciclo da manhã dos equinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,39	0,36	0,66**	0,41	0,58**	-0,53*	0,55*	0,64**	0,58**
VAP		-0,03	0,39	0,45	0,64**	-0,66**	0,67**	0,65**	0,70**
TR			0,38	0,04	0,29	-0,27	0,21	0,28	0,16
TS				0,32	0,59**	-0,50	0,45	0,66**	0,44
FR					0,87**	-0,89**	0,91**	0,86**	0,92**
Tar						-0,99**	0,99**	0,99**	0,96**
UR							-1,00**	-0,97**	-0,98**
TGN								0,96**	0,99**
ITU									0,95**

** $P < 0,05$; * $P < 0,10$; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar:

Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Tabela 11 – Correlações entre as variáveis do ciclo da tarde dos equinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,80**	-0,29	0,23	0,00	-0,30	0,23	-0,14	-0,27	-0,10
VAP		-0,04	0,03	0,00	-0,51*	0,57**	-0,33	-0,29	-0,22
TR			0,28	0,28	0,17	0,00	0,06	0,27	0,07
TS				0,60**	0,20	-0,55*	0,16	-0,18	0,01
FR					0,06	-0,24	0,03	-0,12	-0,05
Tar						-0,81**	0,92**	0,85**	0,86**
UR							-0,76**	-0,38	-0,60**
TGN								0,76**	0,97**
ITU									0,81**

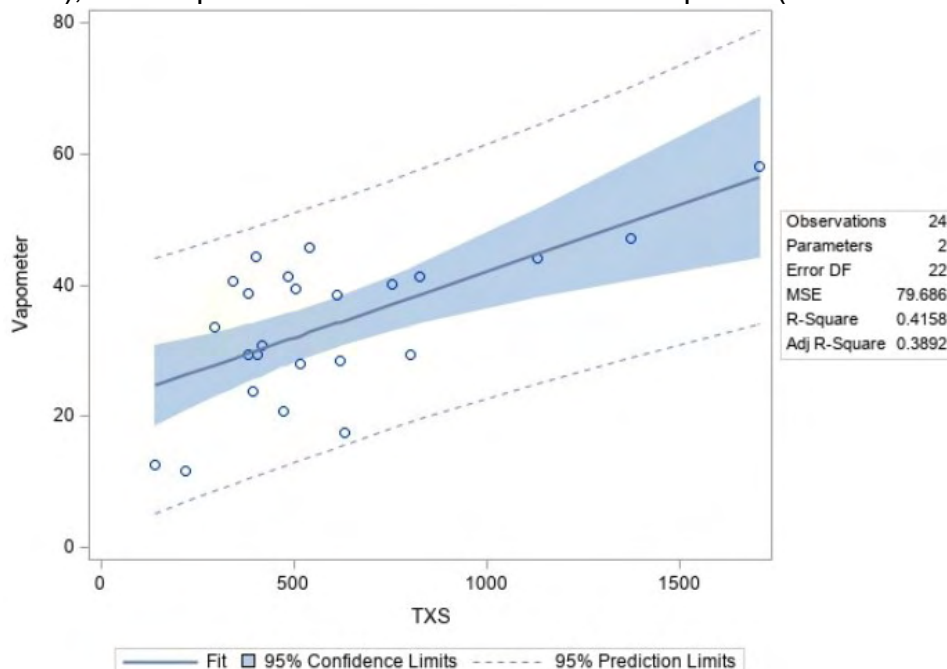
**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Tabela 12 – Compilado das correlações entre as variáveis coletadas em ambos ciclos dos equinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,64**	0,15	0,40**	0,27	0,46**	-0,36*	0,44**	0,48**	0,47**
VAP		0,45**	0,38*	0,46**	0,84**	-0,64**	0,82**	0,87**	0,86**
TR			0,38*	0,11	0,32	-0,33	0,29	0,31	0,26
TS				0,46**	0,51**	-0,53**	0,46**	0,48**	0,42**
FR					0,60**	-0,61**	0,61**	0,57**	0,59**
Tar						-0,88**	0,99**	0,99**	0,98**
UR							-0,92**	-0,80**	-0,86**
TGN								0,96**	0,99**
ITU									0,98**

**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Figura 6 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do compilado dos ciclos de coletas dos equinos (manhã e tarde)



Fonte: Própria autoria.

A análise de regressão para o período da manhã não mostrou confiabilidade em seu modelo e estimativa de parâmetros ($P > 0,05$), também apresentou um baixo valor de R^2 (0,15), demonstrando um modelo pouco ajustado. Já para o período da tarde, tanto o modelo quanto a estimativa de parâmetros apresentaram alto nível de confiabilidade ($P < 0,05$), com R^2 de 0,64 e relação de $VAP = 35,742 + 0,01 * S\&T$. No compilado dos períodos, que apresentou melhor ajuste aos dados conforme aumento da taxa de sudação dos animais, o modelo e estimativas apresentaram alto nível de confiabilidade ($P < 0,05$), seu R^2 foi de 0,42 (Figura 6) e a relação $VAP = 21,833 + 0,0203 * S\&T$.

5.3 OVINOS

O desvio padrão dos valores da S&T são expressivos em ambos ciclos para os ovinos, indicando uma grande variação individual, o que se relaciona diretamente com a amplitude dos valores coletados. Para o ciclo da sombra o mínimo atingiu

180,50 ± 432,65 g.m⁻².h⁻¹ e o ciclo da câmara climática com o máximo atingindo 4005,00 ± 941,97 g.m⁻².h⁻¹. Para a VAP, o desvio padrão foi mais discreto, mas também obteve amplitudes mais evidentes quando comparadas às encontradas nos ciclos dos outros animais abordados neste estudo, com seu mínimo chegando a 10,80 ± 14,06 g.m⁻².h⁻¹ no ciclo da sombra e seu máximo atingindo 91,6 ± 13,14 g.m⁻².h⁻¹ no ciclo da câmara climática (Tabela 13).

As médias de ITU e ITGU não apresentaram diferenças significativas entre si dentro do mesmo ciclo (Tabela 14), se mantendo dentro da faixa crítica em ambos ciclos. Ao considerar os valores específicos da literatura (MENDES, 2014), para a raça Santa Inês, os valores críticos de ITU e ITGU encontrados foram de 78,9 e 90,5 respectivamente, já para raça Dorper houve diferença entre os valores críticos quando considerado FR e TR, para ITU sendo 74,7 e 72,8 respectivamente e ITGU sendo 77,2 e 75,2, portanto, se mantendo na faixa crítica no ciclo da sombra e ultrapassando no ciclo da câmara climática.

Tabela 13 – Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos ovinos

	S&T (g.m ⁻² .h ⁻¹)	VAP (g.m ⁻² .h ⁻¹)
Sombra	732,45 ± 432,65	38,70 ± 14,06
Câmara	1.006,00 ± 941,97	40,12 ± 13,14

S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®. Fonte: Própria autoria.

Tabela 14 – Médias das variáveis coletadas dos ciclos dos ovinos

	Sombra	Câmara
TR (°C)	38,73 ± 1,73	38,86 ± 1,45
TS (°C)	30,55 ± 2,48	34,39 ± 1,14
FR (mov/min)	30,92 ± 11,15	83,50 ± 41,82
Tar (°C)	26,68 ± 1,69	28,75 ± 0,47
UR (%)	46,11 ± 7,33	48,56 ± 4,66
TGN (°C)	26,08 ± 3,41	30,67 ± 0,68
ITU	73,30 ± 1,50	76,36 ± 0,73
ITGU	72,44 ± 3,72	78,83 ± 1,20

TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Para o ciclo de coletas realizado na sombra (Tabela 15), S&T e VAP apresentaram uma correlação significativa ($P < 0,05$), assim como S&T apresentou uma correlação ($P < 0,05$) com as variáveis meteorológicas, com exceção da umidade relativa (UR), já no ciclo de coletas da câmara climática, há correlação com a TR e a temperatura superficial (TS). VAP mostrou uma correlação moderada com TS ($P < 0,10$) no ciclo da sombra, e no ciclo de coletas da câmara climática (Tabela 16), mostrou uma correlação ($P < 0,05$) com TR, TS e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

Tabela 15 – Correlações entre as variáveis do ciclo da sombra dos ovinos

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,33**	-0,04	0,10	0,17	-0,33**	0,18	-0,33**	-0,39**	-0,36**
VAP		-0,17	0,28*	0,00	-0,00	-0,05	-0,02	-0,04	-0,04
TR			0,13	-0,19	0,25	-0,25	0,17	0,21	0,14
TS				-0,10	-0,01	0,16	-0,08	0,09	-0,05
FR					-0,16	0,29*	-0,17	-0,04	-0,12
Tar						-0,88**	0,98**	0,94**	0,97**
UR								-0,67**	-0,81**
TGN								0,91**	0,99**
ITU									0,95**

** $P < 0,05$; * $P < 0,10$; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Tabela 16 – Correlações entre as variáveis do ciclo da câmara climática dos ovinos

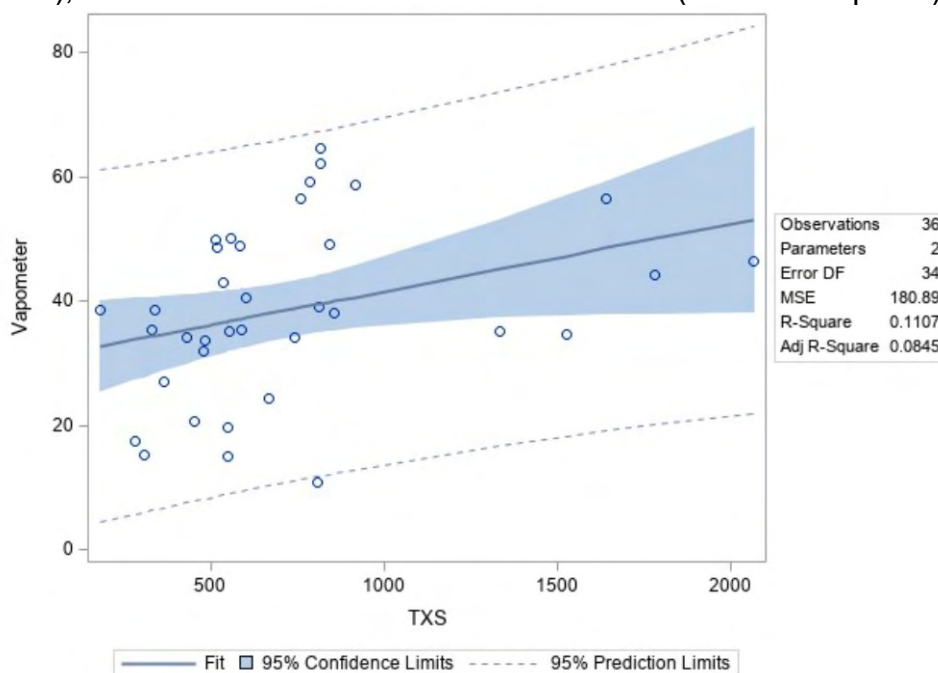
	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,61**	-0,59**	0,40**	0,27	0,22	0,21	0,40**	0,37**	0,42**
VAP		-0,31*	0,33**	0,16	-0,04	0,28*	0,27	0,23	0,38**
TR			-0,17	-0,13	0,01	-0,16	-0,19	-0,15	-0,24
TS				0,12	0,02	0,09	0,34**	0,10	0,31*
FR					-0,22	0,48**	0,25	0,27	0,49**
Tar						-0,35**	0,58**	0,50**	0,20
UR							0,08	0,63**	0,69**
TGN								0,55**	0,77**
ITU									0,80**

** $P < 0,05$; * $P < 0,10$; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR:

Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

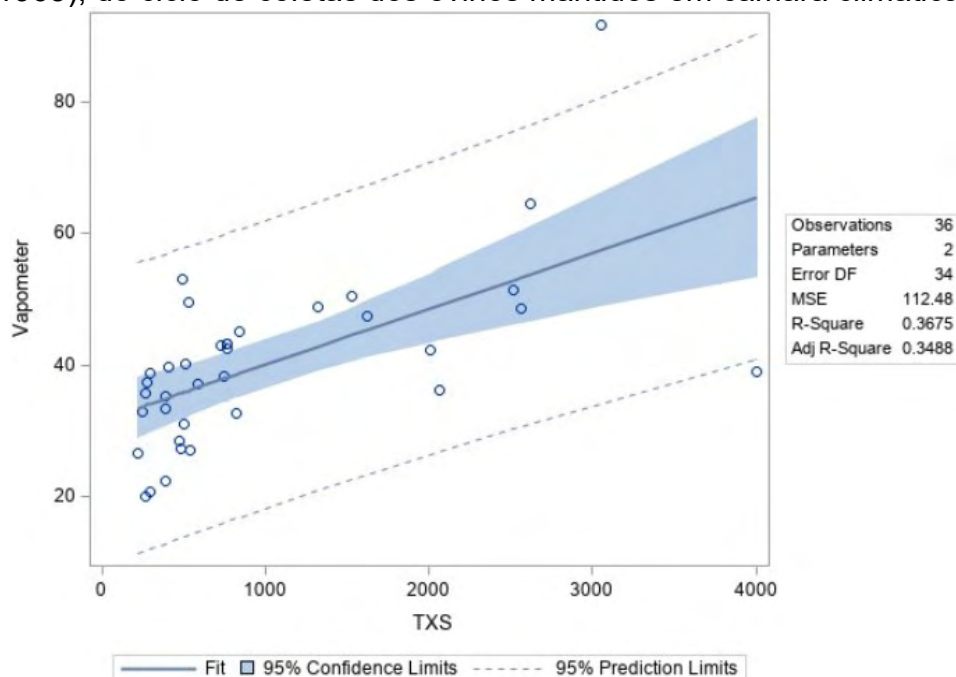
A análise de regressão no ciclo de coleta da sombra (Figura 7) mostrou um alto nível de confiabilidade ($P < 0,05$) tanto para o modelo quanto para a estimativa dos parâmetros, mas seu R^2 foi de somente 0,11 e sua relação foi $VAP = 30,781 + 0,0108 * S\&T$. Já para o ciclo de coleta da câmara climática (Figura 8), o modelo e estimativas também apresentaram alto nível de confiabilidade ($P < 0,05$), seu R^2 subiu para 0,37 e sua relação foi de $VAP = 31,609 + 0,0085 * S\&T$.

Figura 7 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas da sombra dos ovinos (mantidos a pasto)



Fonte: Própria autoria.

Figura 8 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), do ciclo de coletas dos ovinos mantidos em câmara climática



Fonte: Própria autoria.

5.4 BOVINOS LEITEIROS

Os valores entre S&T e VAP para bovinos leiteiros (Tabela 17) foram semelhante ao padrão encontrado nas coletas feitas nos caprinos e ambas variáveis que são objeto principal de estudo apresentaram valores máximos que se aproximaram do dobro do valor de suas médias, com S&T atingindo $699,03 \pm 116,57$ $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e VAP $66,80 \pm 9,84$ $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

As médias de ITU e ITGU não tiveram uma diferença significativa entre si, mas sendo suficiente para mudança na classificação (HAHN, 1985) de conforto (Tabela 18), com ITU na faixa considerada crítica e ITGU classificada na faixa de perigo. Sendo importante ressaltar a grande discrepância entre as amplitudes, com ITU apresentando $73,44 \pm 2,29$ de mínimo e $80,60 \pm 2,29$ de máximo e ITGU com $71,26 \pm 9,97$ de mínimo e $104,24 \pm 9,97$ de valor máximo, que ultrapassa consideravelmente o limite da faixa de emergência de 83.

Tabela 17 – Médias das taxas de perda de água por evaporação cutânea coletadas nos ciclos dos bovinos

	S&T (g.m ⁻² .h ⁻¹)	VAP (g.m ⁻² .h ⁻¹)
Tarde	374,26 ± 116,57	38,05 ± 9,84

S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®. Fonte: Própria autoria.

Tabela 18 – Médias das variáveis coletadas dos bovinos

	Médias
TR (°C)	38,35 ± 0,35
TS (°C)	33,27 ± 1,15
FR (mov/min)	44,97 ± 14,31
Tar (°C)	30,99 ± 1,65
UR (%)	41,77 ± 7,41
TGN (°C)	32,85 ± 8,95
ITU	78,12 ± 2,29
ITGU	80,05 ± 9,97

TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

S&T e VAP (Tabela 19) se correlacionam positivamente de forma mediana ($P < 0,05$) e apresentaram uma correlação fraca entre estas e UR ($P < 0,10$). Em contrapartida, somente S&T apresentou correlação com demais variáveis fisiológicas, com FR ($P < 0,05$) e com TR ($P < 0,10$). Outras variáveis fisiológicas que apresentaram fortes correlações ($P < 0,05$) foram TS com FR e FR com a UR.

Pode-se observar uma correlação entre as variáveis ambientais (Tabela 19), com exceção de Tar, que não apresenta uma correlação ($P > 0,10$) com UR. As outras variáveis ambientais não apresentaram correlações com as variáveis fisiológicas ou com S&T e VAP.

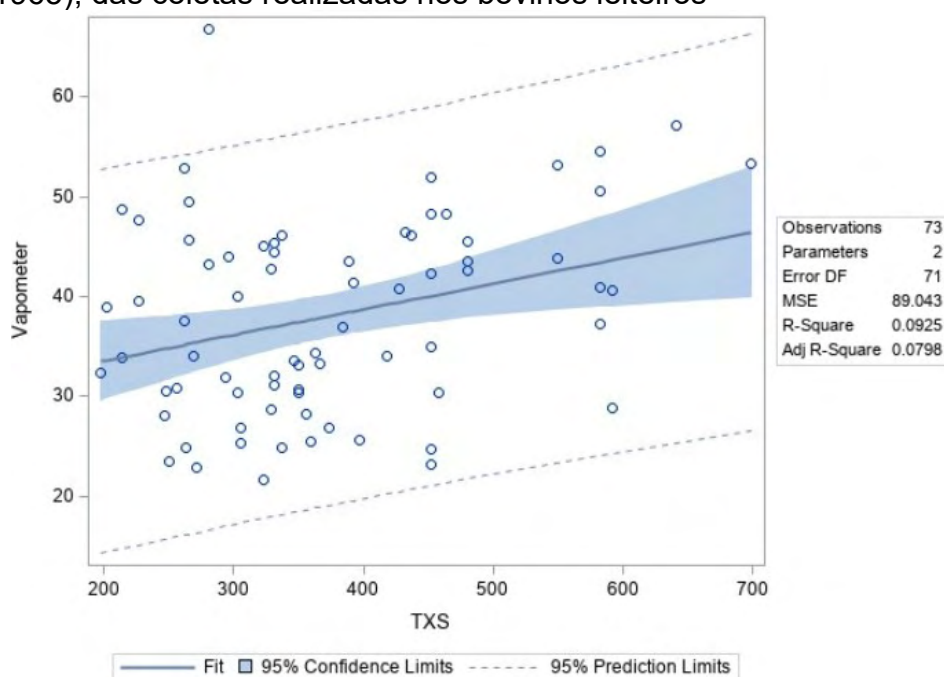
Tabela 19 – Correlações entre as variáveis observadas para bovinos leiteiros

	VAP	TR	TS	FR	Tar	UR	TGN	ITU	ITGU
S&T	0,30**	0,22*	-0,10	0,25**	0,01	0,20*	-0,03	0,09	-0,00
VAP		0,05	0,19	-0,03	0,09	0,21*	-0,12	0,17	-0,10
TR			-0,04	0,16	0,08	-0,03	-0,04	0,06	-0,05
TS				-0,45**	0,02	-0,13	-0,03	-0,04	-0,05
FR					-0,07	0,23**	-0,00	0,05	0,02
Tar						-0,01	-0,64**	0,88**	-0,65**
UR							-0,50**	0,45**	-0,43**
TGN								-0,79**	1,00**
ITU									-0,77**

**P<0,05; *P<0,10; S&T: taxa de perda de água por evaporação cutânea por Schleger e Turner (1965); VAP: taxa de perda de água por evaporação cutânea por VapoMeter®; TR: Temperatura retal; TS: Temperatura superficial; FR: Frequência respiratória; Tar: Temperatura do ar; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITU: Índice de temperatura e umidade; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade. Fonte: Própria autoria.

Na análise de regressão (Figura 9), tanto o modelo quanto as estimativas apresentaram um alto nível de confiabilidade (P<0,05), seus valores residuais foram os que se mostraram mais randômicos, se aproximando do ideal, porém, o R² foi de somente 0,09, com relação de $VAP = 28,443 + 0,0257 * S\&T$.

Figura 9 – Regressão da taxa de perda de água por evaporação cutânea com o uso do equipamento VapoMeter® e com o uso da técnica de colorimetria de Schleger e Turner (1965), das coletas realizadas nos bovinos leiteiros



Fonte: Própria autoria.

6 DISCUSSÃO

Apesar de uma quantidade de indivíduos relativamente baixa, foi possível realizar a comparação dos valores quantitativos coletados por ambos métodos de perda de água por evaporação cutânea para todos os grupos de animais estudados. Havendo dificuldade somente para encontrar resultados mais significativos e com modelos mais adequados aos dados nas análises de regressão.

De um modo geral, os valores de taxa de perda de água por evaporação cutânea são em escala distinta para os dois métodos (Schleger e Turner, 1965, VapoMeter®, Delfin, Finland) apesar de terem a mesma unidade de medida ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$). Entretanto, apresentaram correlações moderadas na sua maioria para as espécies utilizadas neste estudo, principalmente em condições de maior estresse por calor. Entende-se que a técnica com uso de papel colorimétrico pode ser subjetiva, pois a escolha do momento da viragem de cor depende do treinamento e entendimento do observador. Já o VapoMeter® nos fornece uma medição digital única para o momento e local da pele, se utilizado corretamente.

Apesar da diferença de valores, autores como Vilela (2013) e Fonseca et al. (2021) conseguiram estabelecer cálculos para equiparar os dados, chegando a fórmulas que transformam os dados mostrados pelo equipamento nos dados já consolidados da técnica de colorimetria. Em contrapartida, autores como Shwartz et al. (2009) e Eisemann et al. (2020) utilizam o valor dado pelo próprio equipamento VapoMeter® na condução de seus trabalhos para avaliar a taxa de perda de água por evaporação cutânea em seus resultados e discussões, sem indicar quaisquer correções ou ajustes para a conhecida técnica de Schleger e Turner (1965). Neste trabalho, ambos valores foram coletados e as equações para equiparar os valores foram feitas através de análises de regressão entre as duas variáveis. Apesar de regressões fracas a moderadas, indicando variação individual grande mesmo dentro da mesma espécie e animais oriundos do mesmo local, as variações já foram relatadas por diversos autores, como Silva (2000) e Mascarenhas et al. (2017).

Mesmo com a diferença entre as duas variáveis foco deste trabalho, somente em um ciclo de coletas os resultados não apresentaram uma correlação significativa entre si, correspondente ao ciclo da manhã dos equinos, o que pode ser explicado

pela necessidade de um estresse maior para uso do sistema termorregulador pela espécie, e com isso dificultando a compreensão desta relação. Como de todos os nove ciclos de coletas, somente este não demonstrou uma correlação significativa ($P > 0,05$), é possível já afirmar a existência de uma confluência entre os dados coletados em ambos métodos, reforçando a seguridade do uso dos valores dados pelo equipamento VapoMeter® em trabalhos de análise de taxa de perda de água por evaporação cutânea e estresse térmico.

O equipamento apresentou respostas semelhantes às encontradas na literatura, com sua maior efetividade e precisão ao coletar e quantificar dados referentes à situações nas quais os indivíduos estavam sob maior estresse térmico ou demonstravam sudorese expressiva.

6.1 CAPRINOS

Apesar das condições ambientais mais amenas pela manhã, a Tar estava acima da faixa de conforto térmico de 13 a 21 °C (MULLER, 1989). Apesar disso, os caprinos foram capazes de manter suas TR na faixa ideal para a espécie entre 38,7 a 40,7 °C (SILVA, 2000), inclusive o seu valor máximo que chegou a 39,5 °C, o que demonstra que os animais foram capazes de realizar a manutenção de suas temperaturas com eficiência durante todo o tempo mesmo com as adversidades climáticas. Ademais, a média FR do presente trabalho foi 25,67 mov/min que se encontra na faixa de baixo estresse para ruminantes (OSTERNO et al., 2011) e abaixo da média de 72,16 mov/min para a mesma raça em condições de estresse térmico (AIURA; AIURA; SILVA, 2010).

Diferentemente, no período da tarde os valores de ITU, e ITGU para o compilado dos períodos, indicam perigo e emergência respectivamente, mostrando que os animais estavam sob condições de estresse térmico e que suas funções orgânicas poderiam ser comprometidas. Sob estas condições os animais ativam as trocas evaporativas de perda de calor, ofego e sudorese, para tentar manter a temperatura interna corporal dentro da faixa ideal.

O valor da FR se manteve abaixo do valor para esta raça em estresse (AIURA; AIURA; SILVA, 2010), mas semelhante ao valor encontrado por BARROS

et al. (2017) de 54,40 mov/min, para as condições de Tar 37,55 °C e UR 28,25 %, mesmo com o aumento da FR entre os períodos de manhã e tarde, a faixa utilizada para quantificar a severidade do estresse ainda indica um estresse baixo, com a FR estando entre 40 e 60 mov/min.

Para o ciclo de coletas da tarde, os valores de S&T se mantiveram similares aos da manhã e conseqüentemente acima do valor encontrado para a mesma espécie, de 127,28 g.m⁻².h⁻¹ (AIURA; AIURA, SILVA 2010). A taxa de sudação pelo método de S&T continuou estável quando comparada aos períodos de forma isolada, se mantendo em 465,27 ± 149,59 g.m⁻².h⁻¹ e VAP em 42,33 ± 10,33 g.m⁻².h⁻¹. O que também pode demonstrar que as condições meteorológicas foram mais favoráveis à perda de calor via transpiração na maior parte do período e que este mecanismo estava sendo eficiente em seu objetivo, com a ofegação necessitando de aumento apenas em momentos de mais severidade térmica, além de ressaltar a resiliência de algumas raças caprinas aos efeitos do estresse térmico e a alta capacidade dos caprinos de se ajustar aos ambientes tropical e desértico, como ressaltado pelo estudo de Silanikove e Koluman (2015).

Os ciclos de coletas dos caprinos apresentaram forte correlação entre S&T e VAP para ambos ciclos e o compilado, o coeficiente de correlação foi análogo, variando somente entre 0,63 e 0,64 demonstrando que existe semelhança entre as duas medidas, portanto, em situação de desafio térmico vão apresentar comportamento semelhante. Isto favorece o uso de Vapometer® por reduzir as falhas causadas pelo executor da medida por meio de disco colorimétrico. A correlação negativa entre VAP e FR indica que as condições meteorológicas forçaram o método de transpiração ao seu máximo, acionando um outro método de perda de calor, o ofego, o que é reforçado pela TS, cujo máximo atingiu 37,60 °C, que foi inferior ao valor do período da manhã. Esses valores também podem significar que as condições meteorológicas foram mais favoráveis à perda de calor via ofego no período da tarde, que é mais eficiente do que a sudação para caprinos (MASCARENHAS et al., 2017; SILVA, 2000), que resulta em uma menor TS e maior FR. Os animais foram capazes de manter a TR dentro da faixa padrão (SILVA, 2000), com a máxima chegando a 39,6 °C, mesmo as condições ambientais sendo mais desconfortáveis, o que é reforçado pela correlação entre TR e Tar.

A análise de regressão do período da manhã mostrou bons valores de confiabilidade para todos os parâmetros e um ajuste aos dados de 0,43, mas o gráfico de residuais indica um viés, que pode estar ligado às outras variáveis do estudo que não foram incluídas na regressão, pois o objetivo do trabalho é tentar estabelecer uma relação direta entre VAP e S&T. O período da tarde apresentou bons valores de confiabilidade somente para o modelo e a estimativa do parâmetro de S&T, com seu R^2 diminuindo e atingindo um valor de 0,40 mesmo os dados estando mais próximos do modelo, o que pode ser devido ao maior espaçamento dos pontos. Já no compilado dos períodos, todos os parâmetros mostraram bons valores de confiabilidade o viés dos residuais foi parcialmente diluído com a junção dos dois ciclos de coletas, assim como foi diminuído o espaçamento entre os pontos e foi viabilizado um melhor ajuste do modelo.

6.2 EQUINOS

A tarde a Tar estava acima da faixa ideal de conforto para equinos de 5 a 25°C (PALUDO et al., 2002; SEABRA; DITTRICH, 2017), assim como ITU e ITGU que se mantiveram na faixa de emergência (acima de 83), que representam um estado que exige mais do organismo do animal para manter sua temperatura interna, um dos valores importantes que se mostraram diferentes do ciclo da manhã foi o da UR, apresentando uma queda, com sua média em 30,75% e sua máxima atingindo somente 32%, porém a associação da UR com os valores maiores das outras variáveis ambientais pode representar uma situação de desafio térmico que pode exigir maior ação do sistema termorregulatório. No presente estudo, os equinos alcançaram valores de FR de $60,00 \pm 9,32$ mov/min; demonstrando que foi necessário o uso das trocas evaporativas para manter a TR em valores ideais para a sobrevivência.

A evaporação da água do trato respiratório contribui substancialmente para a perda de calor em equinos, entretanto, a evaporação do suor da pele é o principal meio de dissipação do calor (COLLIER; GEBREMEDHIN, 2015). Isto pode ser comprovado pelos valores de perda de água na superfície da pele avaliada por S&T

e VAP à tarde, evidenciando o uso da sudação para a manutenção da temperatura corpórea.

A FR apresentou uma forte correlação com a TS, mesmo esta apresentando um aumento de apenas 1 °C em relação à média do ciclo da manhã; e sua TR se manteve dentro da faixa basal (SILVA et al., 2018) com média de 37,63 °C, além de demonstrar estabilidade, com mínimo e máximo de 37,30 °C e 37,90 °C respectivamente.

Para o compilado dos ciclos, a forte correlação entre S&T e VAP reforça a indagação sobre as condições meteorológicas não favorecerem a termorregulação via convecção, assim como a correlação entre TR e TS, que estão ligados aos mecanismos termorregulatórios e seus efeitos de realizar a manutenção da temperatura. Portanto, as análises de regressão em conjunto com as correlações mostram que o equipamento possui uma grande eficiência quando comparado com o método de colorimetria para os equinos, principalmente quando os animais se encontram em situações de estresse térmico cujo ambiente permite a transpiração.

No ciclo de coletas feito no período da manhã as variáveis VAP e S&T apresentaram correlação com as variáveis meteorológicas, demonstrando que a Tar é um dos fatores responsáveis por influenciar na perda de água por sudação, uma vez que a Tar causa o aumento da TR e conseqüentemente a ativação dos mecanismos evaporativos de troca de calor (SOUZA et al., 2008). Ademais, a correlação negativa com a UR acontece porque um ambiente com elevada umidade causa redução na perda por evaporação, pois o ambiente está saturado e não há a possibilidade da liberação de mais umidade decorrente da evaporação (XIONG et al., 2017). No período da tarde, VAP e S&T apresentaram uma correlação forte, com um coeficiente de 0,80. Desta forma, nossos resultados comprovam que em situação de estresse térmico tanto o VAP quanto o S&T são eficientes para medir a perda de água por evaporação e apresentam o mesmo comportamento de elevação ou redução dependendo da necessidade de termorregulatória. Por tanto, os equinos podem ser avaliados com VAP e S&T em condições climáticas adversas.

A análise de regressão desse período não obteve bons resultados para o modelo e o parâmetro estimado de S&T, somente para seu intercepto, assim como seu R^2 de somente 0,15 demonstra que o modelo não teve um ajuste significativo

aos dados. Essa falta de confiabilidade do modelo e de, pelo menos, um dos parâmetros, somada ao pouco ajuste dos dados, pode estar relacionada diretamente ao fato de que as variáveis não apresentaram uma forte correlação, pois é a única análise de todo o trabalho que apresentou ambas características. No período da tarde, a regressão apresentou boa confiabilidade para todos os parâmetros, assim como o período da manhã, e obteve um valor de ajuste muito mais significativo do que o período da manhã isoladamente, com R^2 de 0,42. No compilado, é possível observar um melhor ajuste do modelo aos dados conforme as taxas de sudação aumentam. Portanto, apesar de todas as discrepâncias encontradas em um dos dois ciclos de coletas, no contexto geral da espécie, a correlação e análise de regressão foram capazes de encontrar correlações e indicativos confiáveis para a correspondência das variáveis foco do trabalho.

6.3 OVINOS

Na câmara climática, as ovelhas estavam submetidas a uma maior temperatura, que estava acima da zona de conforto para estes animais (SILVA, 2000; EUSTÁQUIO et al., 2011), comprovado pelo ITGU com valores que indicam um ambiente que causa estresse térmico nos animais. Portanto, os animais acionaram as trocas evaporativas de calor, ofego e sudorese, principalmente dentro da câmara climática.

A elevada FR visto na câmara climática serve como um indicador altamente sensível de estresse térmico (LUCY; SAFRANSKI, 2017). Além disso, as trocas respiratórias constituem o principal mecanismo de perda de calor em ovinos submetidos a condições climáticas desfavoráveis (STARLING et al., 2002). Em nosso estudo, a média é de 83,50 mov/min e pode indicar um alto estresse em ruminantes que segundo a classificação de Osterno et al. (2011), o que demonstra que os animais estavam passando por um notável estresse e intensificaram-se os processos termorregulatórios. Adicionalmente, também ocorreu um maior uso da sudorese pelas ovelhas. Embora muitas vezes negligenciado, esse mecanismo é muito eficaz, pois requer menor aporte de energia para termorregulação e é responsável por cerca de 63% da evaporação total (SILVA; STARLING, 2003). Titto

et al. (2016) mostraram que a sudorese contribui significativamente para a termorregulação em ovinos.

Apesar de a sudorese apresentar influência das variáveis ambientais, sendo mais eficiente em condições de alta temperatura e baixa umidade (LUZ et al., 2014) não houve uma alta correlação entre essas variáveis ambientais e o VAP e S&T, porém, foi observado uma forte correlação entre as variáveis de interesse, sendo o ciclo que apresentou maior correlação entre ambas foi o de coletas da câmara climática. Estes resultados são importante porque os mecanismos latentes de perda de calor são acionados em situação de estresse, portanto, se as variáveis VAP e S&T apresentam alta correlação nessas condições significa que apresentam o mesmo comportamento e o VAP pode ser usado para a avaliação de perda de calor por evaporação com uma confiabilidade significativa quando comparado ao método colorimétrico e isso é confirmado pelos p-valores das análises de regressão.

As análises de regressão mostraram bons indicadores de confiabilidade, mas seus modelos não tiveram indicativos de eficiência no ajuste aos dados, com R^2 do ciclo de coletas da sombra se mantendo em somente 0,11, portanto, existindo uma alta possibilidade de que na equiparação dos valores, o resultado fique fora do limite de confiança, e o de coletas da câmara climática atingindo 0,37, possibilitando melhores resultados quando os valores de S&T são inferiores a $1500 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

Portanto a análise de regressão foi mais eficaz ao determinar um modelo no momento em que os ovinos estavam sob algum estresse térmico dentro da câmara climática, não sendo capaz de abranger os animais que mostraram uma VAP e S&T muito acima da média dos outros, como os valores máximos e atípicos do ciclo de coletas da câmara climática e não sendo tão eficaz ao equiparar os dados no momento em que os animais estavam sob pouco ou nenhum estresse, como é possível observar no ciclo de coletas feito na sombra, no qual nem mesmo o mecanismo primário de termorregulação, que é a ofegação, estava sendo requisitado de forma moderada. Vale ressaltar que o uso do VapoMeter® pode reduzir as falhas humanas no momento da avaliação, principalmente, no método colorimétrico. Ademais, a mensuração com o uso de vaporímetro é mais rápida por não necessitar de grande preparação prévia e oferecer resultados no momento da coleta.

6.4 BOVINOS LEITEIROS

Apesar de, como já citado anteriormente, ter uma correlação significativa entre as variáveis VAP e S&T e o modelo de regressão, assim como suas estimativas de parâmetros apresentarem um alto nível de confiabilidade, seu modelo de regressão, não se ajustou tão bem aos dados, mesmo seus resíduos sendo adequadamente randômicos, sua regressão se mostrou muito desarranjada, não atribuindo uma apropriada equiparação dos valores de forma direta. Uma possível justificativa para a baixa representatividade do modelo é a dispersão dos dados ao longo do gráfico na qual para um pequeno intervalo de S&T há diversas correspondências de VAP, ditas no gráfico como Vapometer, e poucos dados se encontram próximos à reta do modelo proposto.

Durante o experimento, a temperatura do ar estava acima da zona de conforto de bovinos de leite que varia de 10 a 20°C, e da temperatura do ar crítica de 27°C (MÜLLER, 1989). Nossos resultados mostram que as condições do ambiente ao longo do dia variaram e nem sempre estiveram dentro da zona crítica para esses animais, em contrapartida, estes foram capazes de manter a TR dentro do valor basal de 38,3°C (SILVA, 2000). Já a FR mostrou que os animais acionaram a perda de calor via ofego, a média de FR encontrada no presente trabalho foi similar a encontrada por Silva, Morais e Guilhermino (2007) em bovinos submetidos a condições parecidas, com a FR em 43,5 mov/min com a Tar em 29,44 °C, mas neste caso, a TR dos animais apresentou valor maior, chegando a 39,22 °C, quando comparada com a média da temperatura do presente estudo, que foi de 38,05 ± 0,35 °C. A sudação também foi usada como mecanismo para perda de calor e manutenção da temperatura corporal, a média de VAP se manteve em 38,05 g.m⁻².h⁻¹ para valores de ITU e ITGU, que consideram um ambiente crítico para os animais, o que condiz com os valores encontrados com Shwartz et al. (2009) e Eisemann et al. (2020), cujos animais estavam em condições de ITU que variaram entre 73 e 82 e seus valores de VAP foram entre 30,0 e 38,7 g.m⁻².h⁻¹. Esses dados, em conjunto com os p-valores da análise de regressão e a forte correlação, reforçam uma similaridade nos padrões de coleta mesmo sem a calibração para os bovinos

leiteiros em algum grau de estresse térmico, porém, Eisemann et al. (2020) em seu trabalho já cita uma diferença entre a resposta de VAP para bovinos de diferentes genótipos quando submetidos às dietas do estudo, o que sugere que existem outros fatores, tanto internos quanto externos, que influenciam na reação fisiológica do animal.

A TS acima da Tar indica que houve perda de calor para o ambiente (STORTI et al., 2019), em resposta ao estresse térmico são acionadas e as trocas de calor acontecem através do gradiente térmico que se estabelece entre a superfície do animal e o ambiente. Neste caso, a temperatura da superfície era maior porque o animal estoca calor nos tecidos subcutâneos, promovendo o aumento da temperatura da pele. Conseqüentemente, houve um aumento no gradiente térmico entre a epiderme e o meio externo, resultando na dissipação de calor do corpo a partir da superfície da pele (HAQUE et al., 2012).

7 CONCLUSÃO

Apesar do método de avaliação de taxa de perda de água por evaporação cutânea com uso do equipamento de câmara fechada VapoMeter® (Delfin, Finland) apresentar valores de 10 a 25 vezes menor que a avaliação realizada pela técnica de papel colorimétrico (Schleger; Turner, 1965), com mesma unidade de medida ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$), as correlações positivas podem indicar o uso a validação do instrumento.

As análises de regressão se mostraram confiáveis, mas não obtiveram valores de ajuste aos dados suficientes para ser possível estabelecer equações que permitam prever os valores da taxa de perda de água por evaporação cutânea dados pelo método de papel colorimétrico. Sendo necessários maiores estudos para avaliar os valores coletados pelo equipamento em momentos de estresse e conforto, com maior quantidade de animais e com temperatura controlada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; *et al.* Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. In: REVENG - **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 557-563, 2011.
- AIURA, A. L. O.; AIURA, F. S.; SILVA, R. G. Respostas termorreguladoras de cabras Saanen e Pardo Alpina em ambiente tropical. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, n. 228, p. 605-608, 2010.
- BARCELOS, R. T. **Temperatura do globo negro**: estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- BARROS, C. P. J.; *et al.* Avaliação de parâmetros fisiológicos em diferentes raças de caprinos na região nordeste brasileira. In: REDVET - **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 19, 2017.
- BATISTA, J. N.; *et al.* Termorregulação em ruminantes. In: Revista ACSA - **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 11, p. 39-46, 2015.
- BERTIPAGLIA, E. L. C. A.; *et al.* Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 112, p. 99-108, 2007.
- BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, p.e20160414, 2018.
<https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.
- BUFFINGTON, D. E.; *et al.* Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of ASAE**, Saint Joseph, v. 24, p. 711-714, 1981.
- CASTRO, P.A.; *et al.* Comparative methods analysis on rates of cutaneous evaporative water loss (CEWL) in cattle. **Journal of Thermal Biology**, Berlim, v. 97, p. 102879, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102879>.
- CATALANO, F. A. R. **Estratégias eletrolíticas**: controle do estresse térmico em ovinos. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba, 2014.
- COLLIER, R.J.; GEBREMEDHIN, K.G. Thermal Biology of Domestic Animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, [s. l.], v.3, p.513–532, 2015.
[doi/10.1146/annurev-animal-022114-110659](https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659)
- COSTA, H. J. F.; *et al.* Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos e vascularização de estruturas ovarianas em animais com valores genéticos distintos para termotolerância - resultados preliminares. In: WORKSHOP DE INICIAÇÃO

CIENTÍFICA DA EMBRAPA GADO DE LEITE, 24., 2019, Juiz de Fora. **Anais** [...]. Juiz de Fora, 2019.

DANTAS, M. R. T.; *et al.* Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Londrina, v. 6, ed. 194, 2012.

DELFIN Technologies. **Technical notes**. Disponível em: <https://delfintech.com/blog/the-delfin-vapometer-the-benefits-of-closed-chamber-measurement-principle-in-tewl-measurements/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DELFIN Technologies. **Vapometer**. Disponível em: <https://delfintech.com/products/vapometer/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

EISEMANN, J. H.; *et al.* Physiological response, function of sweat glands, and hair follicle cycling in cattle in response to fescue toxicosis and hair genotype. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 98, n. 3, skaa013, 2020.

EUSTÁQUIO, A. F.; *et al.* Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1807-1814, 2011.

FERREIRA, F.; *et al.* Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, p. 763-768, 2009.

FONSÊCA, V. F. C.; *et al.* Reliability of methods to determine cutaneous evaporative water loss rate in furred and fleeced mammals. **Journal of Experimental Zoology Part A Ecological and Integrative Physiology**, Oxford, v. 337, n. 4, p. 356-365, 2021. <https://doi.org/10.1002/jez.2572>.

FURTADO, D. A.; *et al.* Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 1022-1028, 2012.

GEBREMEDHIN, K. G.; *et al.* Sweating rates of dairy cows and beef heifers in hot conditions. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 2167-2178, 2008.

HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. *In*: YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**, Boca Raton: CRC Press, v. 2, 1985.

HAQUE, N.; *et al.* Comparative studies on temperature threshold for heat shock protein 70 induction in young and adult Murrah buffaloes. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hoboken, v.96, p.920-929, 2012.

HAZAMA, Y.; *et al.* Effect of physiological changes in the skin on systemic absorption of tacrolimus following topical application in rats. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 39, p. 343-352, 2016.

JOHNSON, H. D.; *et al.* LXII Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. **Agricultural Experiment Station Research Bulletin 791**, Columbia, 1962.

JOHNSON, J.M.; KELLOGG Jr., D.L. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. **Frontiers in Bioscience**, New York, v.2, p.825-853, 2010.

JOHNSON, J. S. Heat stress: impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. **Animal Production Science**, Victoria, v. 58, p. 1404–1413, 2018. <https://doi.org/10.1071/AN17725>.

KAHWAGE, P.R.; *et al.* High systemic and testicular thermolytic efficiency during heat tolerance test reflects better semen quality in rams of tropical breeds. **International Journal of Biometeorology**, Leiden, v. 61, n. 10, p. 1819-1829, 2017. doi: 10.1007/s00484-017-1367-4.

KIM, E.; *et al.* The Effects of regional climate and aging on seasonal variations in Chinese women's skin characteristics. **Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications**, [s. l.], v. 7, p. 164-172, 2017.

LAU-GILLARD, P. J.; *et al.* Evaluation of a hand-held evaporimeter (VapoMeter®) for the measurement of transepidermal water loss in healthy dogs. **Veterinary Dermatology**, Oxford, v. 21, p. 136-145, 2010.

LEE, S. G. *et al.* Hyaluronan Oligosaccharides improve rosacea-like phenotype through anti-inflammatory and epidermal barrier-improving effects. **Annals of Dermatology**, [s. l.], v. 32, p. 189-196, 2020, doi.org/10.5021/ad.2020.32.3.189.

LUCY, M.C., SAFRANSKI, T.J. Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring. **Molecular Reproduction and Development**, Hoboken, v. 84, n. 9, p. 946-956, 2017. <https://doi.org/10.1002/mrd.22844>.

LUZ, C. S. M.; *et al.* Estimativas de características termorreguladoras de ovinos em período seco e chuvoso criados na região do vale do Gurguéia, sul do estado do Piauí. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 1, p. 19-24, 2014.

MARAI, I. F. M., *et al.* Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, p. 71, p. 1–12, 2007.

MARAI, I. F. M.; *et al.* Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatan, v. 8, p. 209-234, 2008.

MARCHINI, C. F. P; *et al.* Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 41-46, 2007.

MASCARENHAS, N. M. H.; *et al.* Taxa de sudação em caprinos e ovinos deslanados criados no semiárido paraibano. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2, 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande, 2017.

McMANUS, C.; *et al.* The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.107120, 2011.

MENDES, A. M. de P. **Índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático para ovinos da raça Dorper no estado de Pernambuco**. 2014. 161 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco / Universidade Federal da Paraíba / Universidade Federal do Ceará, Recife, 2014.

MIOTTO, A.; *et al.* Estudo comparativo da perda transepidermica de água em pacientes com e sem hiperidrose por mensurador de câmara fechada em ambiente climatizado. **einstein**, São Paulo, 16(4):eAO4312, 2018.

MOJEIKO, G. *et al.* Combination of Microneedles and Microemulsions to Increase Celecoxib Topical Delivery for Potential Application in Chemoprevention of Breast Cancer. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 5, n. 560, p. 365-376. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2019.02.011.2018.

MOMOTA, Y.; *et al.* Transepidermal water loss in cats: comparison of three differently clipped sites to assess the influence of hair coat on transepidermal water loss values. **Veterinary Dermatology**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 450-452, e100-1. doi: 10.1111/vde.120502013.

MOREIRA, C. Termorregulação. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 3, n. 3, p. 156, 2015.

MULLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1989.

MUÑOZ-GARCIA, A.; *et al.* Cutaneous water loss and lipids of the stratum corneum in two syntopic species of bats. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Philadelphia, v. 161, p. 208-215, 2012.

NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **NRC. A guide to environmental research on animals**. Washington, DC: NA o. Sciences, 1971.

NOBRE, I. S. **Efeito de diferentes níveis de concentrado e inclusão de gordura protegida da dieta sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos**. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2013.

OLIVEIRA, R. F. **Estresse por calor em suínos machos castrados**. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

OSTERNO, J. J.; *et al.* Medidas de parâmetros fisiológicos de ovinos da raça Santa Inês criados na região semiárida nordestina. Congresso Brasileiro de Zootecnia, 21., Maceió. **Anais [...]**. Maceió, 2011.

PALUDO, G. R.; *et al.* Efeito do estresse térmico e do exercício sobre parâmetros fisiológicos de cavalos do exército brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 30-42, 2002.

PARK, S. R. *et al.* Effect of Face mask on skin characteristics changes during the COVID-19 pandemic. **Skin Research and Technology**, [s.l.], p. 554-559, 2021. doi/10.1111/srt.12983.

PERÄLÄ, M. *et al.* Young children with moderate-to-severe atopic dermatitis can be treated safely and effectively with either topical tacrolimus or mild corticosteroids. **Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics**, Oslo, v. 109, p. 550-556, 2020.

ROCHA, D. R.; *et al.* Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 36, n. 1, p. 18-24, 2012.

SAKIYAMA, Y. P. S; *et al.* Avaliação quantitativa da intensidade da transpiração palmar e plantar em pacientes portadores de hiperidrose palmoplantar primária. **J. Bras. Pneumol**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 573-578, 2012.

SCHLEGER, A. V; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal Agricultural Research**, Lismore, v. 16, p. 92-106, 1965.

SEABRA, J. C.; DITTRICH, J. R. Sistema Termorregulatório de cavalos atletas – revisão. **Revista Acadêmica de Ciência Equina**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 15-28, 2017.

SHWARTZ, G.; *et al.* Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 92, p. 935-942, 2009.

SILANIKOVE, N.; KOLUMAN, N. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predictions on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, p. 27-34, 2015.

SILVA, A. A. **Efeito do ambiente térmico do litoral paraibano sobre respostas fisiológicas de equinos**. 2020. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2020.

SILVA, G. C.; *et al.* Conforto térmico de equinos alojados em diferentes tipos de baias. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 17, 2018.

SILVA, M. A. N.; *et al.* Avaliação do estresse térmico em condição simulada de transporte de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1126-1130, 2007.

SILVA, M. P. **Zoneamento bioclimático para produção avícola no território brasileiro**. 2006. 161 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 2000.

SILVA, R. G.; STARLING, J. M. C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1956-1961, 2003.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1192-1198, 2007.

SILVA, V. R. L. **Desenvolvimento de formulações cosméticas hidratantes e avaliação da eficácia por métodos biofísicos**. 2009. 181 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

STARLING, J. M. C.; *et al.* Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31,n.5,p.2070-2077, 2002.

SOUZA, B. B.; *et al.* Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no Semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 275-280, 2008.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. In: Revista ACSA - **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 8, p. 6-10, 2012.

STORTI, A. A.; *et al.* Índices de estresse térmico para touros jovens nelore criados em ambiente tropical. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 47, 2019.

TITTO, C. G.; *et al.* Thermoregulatory response in hair sheep and shorn wool sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 144, p. 341-345, 2016.

THOM, E. C.; Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilation". **Transactions of the Amer. Soc. Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engrs.** v. 55, p. 65-72, 1958.

VIANA, M. P.; MEDEIROS, A. R.; SOUZA, B. B. Efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia, produção e reprodução de caprinos. In: Revista ACSA - **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, p. 1-8, 2013.

VILELA, R. A. **Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos.** 2013. 110 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

XIONG, Y.; *et al.* Effects of relative humidity on animal health and welfare. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v.16, n.8, p.1653–1658, 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE A – IMPLICAÇÕES

Para ambas técnicas é preciso treinamento e atenção do observador. Para o equipamento, é muito importante que a pessoa que está realizando a medição aguarde o sinal sonoro e só então afaste o instrumento da pele do animal, para que a umidade relativa do ambiente não interfira na medição, o método de câmara fechada e o formato do equipamento reduzem ao máximo as interferências externas, mas é extremamente importante que ao realizar a medida, o equipamento não seja retirado antes do tempo e fique firme na pele do animal, as bordas arredondadas permitem que seja aplicada pressão suficiente para medir de forma confiável, sem que haja qualquer dano, machucado ou maiores desconfortos.

Já o método de Schleger e Turner pode ser prejudicado caso o ambiente no entorno do observador esteja caótico, podem ter interferências como a coleta de mais de uma variável no mesmo animal ou sons externos que causem distração do observador. O tempo de mudança da cor pode ser bem curto, a falta de experiência ou o atraso na colagem da fita ou na conferência do tempo podem causar valores discrepantes, assim como erros ao realizar o cálculo podem levar a resultados errôneos ou com viés.

Outro fator importante que pode interferir no resultado final da coleta de dados em ambas técnicas é a reatividade do animal ou da raça, sendo animais como cavalos, que estão mais acostumados ao manejo e contato físico com seus tratadores, mais permissivos quanto a colagem de fitas ou aproximação de equipamentos estranhos ao dia a dia, o que permite uma coleta de dados mais tranquila para ambos, com menos alterações em decorrência de estresse e com valores mais insuspeitos. Animais que são mais reativos ou que tendem a confiar menos em seus tratadores podem representar um grande desafio para ambas técnicas, sendo necessária contenção física, que gera estresse e agitação, e por vezes, mesmo com a contenção, há dificuldade de manter o aparelho firme contra a pele do animal ou dificuldade de visualização do tempo de mudança da cor, que resulta em dados mais randômicos e menos precisos.