

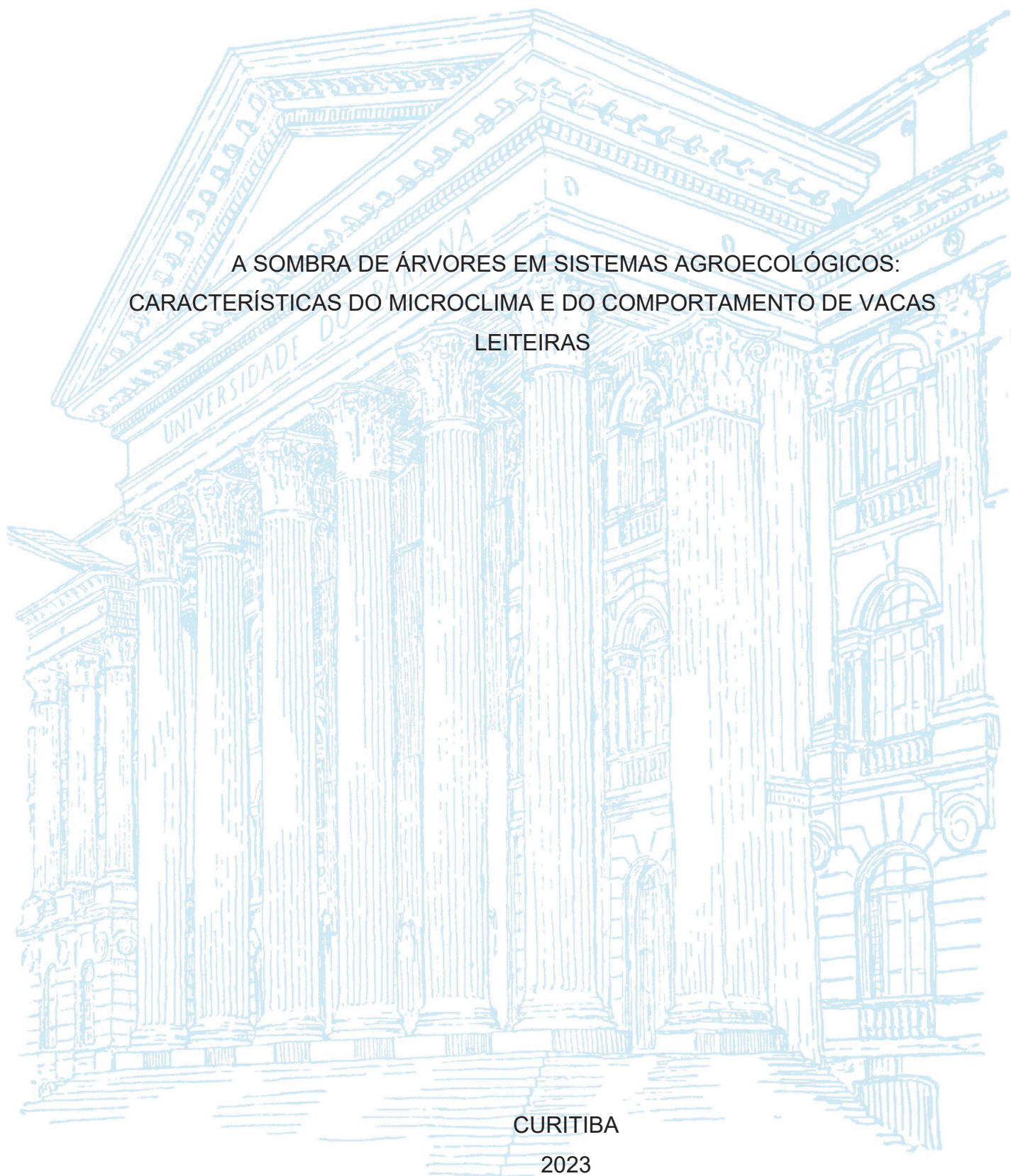
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA MACEDO PEREIRA

A SOMBRA DE ÁRVORES EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS:
CARACTERÍSTICAS DO MICROCLIMA E DO COMPORTAMENTO DE VACAS
LEITEIRAS

CURITIBA

2023



LETÍCIA MACEDO PEREIRA

A SOMBRA DE ÁRVORES EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS:
CARACTERÍSTICAS DO MICROCLIMA E DO COMPORTAMENTO DE VACAS
LEITEIRAS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. João Ricardo Dittrich

Coorientador: Prof. Dr. João Ari Gualberto Hill

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Pereira, Leticia Macedo

A sombra de árvores em sistemas agroecológicos:
características do microclima e do comportamento de vacas
leiteiras / Leticia Macedo Pereira. – Curitiba, 2023.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. João Ricardo Dittrich

Coorientador: Prof. Dr. João Ari Gualberto Hill

1. Bovinos de leite. 2. Vacas. 3. Comportamento. 4. Conforto
térmico. I. Dittrich, João Ricardo. II. Hill, João Ari Gualberto. III.
Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LETÍCIA MACEDO PEREIRA** intitulada: **A sombra de árvores em sistemas agroecológicos: características do microclima e do comportamento de vacas leiteiras**, sob orientação do Prof. Dr. JOÃO RICARDO DITTRICH, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Agosto de 2023.

JOÃO RICARDO DITTRICH
Presidente da Banca Examinadora

FREDERICO MÁRCIO CÔRREA VIEIRA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR)

MAITY ZOPOLLATTO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

A minha mãe, pelo incansável apoio e incentivo aos meus estudos.

A minha família pelo amor incondicional.

A Evandro Massulo Richter, pela oportunidade do meu primeiro emprego após formada, pelos ensinamentos, pela amizade, apoio, inspiração e por não ter me permitido desistir dos meus sonhos.

Aos meus orientadores João Ricardo Dittrich e João Ari Gualberto Hill, por me guiarem de forma paciente e amorosa nessa caminhada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pai de infinito amor e misericórdia pelo presente da vida, pela oportunidade do acesso ao conhecimento, pelo amor e colo nos momentos desafiadores e força para trilhar essa jornada. Ao meu anjo da guarda e aos meus guias, pela proteção, cuidado e amor.

À minha família pelo apoio e amor incondicional, em especial à minha mãe que sempre incentivou e apoiou meu sonho de estudar e me tornar professora.

À Estação de Pesquisa em Agroecologia IDR-CPRA, por permitir que meu experimento fosse realizado lá e por todas as vezes que cederam os funcionários e bolsistas para me ajudar nas coletas a campo. A Evandro, coordenador da produção animal do CPRA, por todo apoio e auxílio em todas as etapas, muitas vezes no final do dia, mesmo depois do seu horário de trabalho, me ajudava a levar os animais para os piquetes. As vacas do IDR-CPRA que participaram desse estudo, e contribuíram para que os dados pudessem ser coletados, com poucas tentativas de fuga. A todos que me auxiliaram nas coletas a campo: Kelvin, Camila, Julia, Jaqueline, Lidya, Marina, Wallace, Jaqueline, Cassiano, Aline, Queila, Karolini, Stefany.

A Bárbara, Karolini e Matheus, por me inspirarem como pesquisadores, me incentivarem a fazer o mestrado e por me ajudarem em todas as etapas. As minhas companheiras da pós graduação: Luísa, Aline, Queila, Juliana, Karise, Marley, Kaline. Obrigada pelo companheirismo, almoços, cafés, risadas e trocas. As minhas companheiras de lar: Talita e Nádia, que me acolheram sem me conhecer e se fizeram família em minha vida.

À Capes pela bolsa, que foi fundamental para que eu pudesse realizar o mestrado. À Universidade Federal do Paraná – UFPR. Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia PPGZ – UFPR. A todos os professores do PPGZ que participaram da minha formação. A banca examinadora desse trabalho.

Ao meu orientador João Ricardo Dittrich, que levarei como referência de professor para toda minha vida. Obrigada por me orientar com dedicação, amor, cuidado e respeito. Ao meu coorientador João Ari por aceitar fazer parte desse trabalho e me auxiliar em todas as etapas.

A minha gratidão a todas e todos que de alguma forma contribuíram para que esse sonho/trabalho pudesse ser conduzido e concluído.

“Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar” (Josué 1.9)

“Toda árvore é sagrada. Ama-a. Ama-a na glória matutina e reza: Bendita sejas por tuas frondes benfazejas, pelos cânticos triunfais, por tuas flores e perfume... por tuas sombras maternais” Ricardo Gonçalves

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de sombra de árvores em sistema agroecológico no microclima e comportamento de vacas leiteiras. O experimento foi realizado no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR/EMATER, na Estação de Pesquisa em Agroecologia – CPRA, em Pinhais – PR, durante quatro dias consecutivos em três ciclos: 1º ciclo: fevereiro, 2º ciclo: maio e 3º ciclo: agosto de 2022 (verão, outono e inverno no hemisfério sul, respectivamente). As variáveis microclimáticas foram avaliadas em três tratamentos: Pasto com árvores na condição sombra (PCA sombra); Pasto com árvores na condição sol (PCA sol) e Pasto sem árvores (PSA). Com os dados microclimáticos coletados, foram obtidos os índices de conforto térmico: índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de umidade do globo negro (ITGU). Os comportamentos das vacas foram avaliados em dois tratamentos: pasto sem árvores (PSA) e pasto com árvores (PCA). Além disso, avaliamos a rejeição do pastejo em relação às fezes, nos dois tratamentos (PSA e PCA) aos 30, 60, 90 e 180 dias. No verão, no pasto sem árvores, a média da temperatura do ar (T °C) excedeu ($p < 0,05$) a temperatura crítica superior para bovinos de leite (> 26 °C). Nessa estação, a sombra das árvores foi eficaz na proteção de extremos de aquecimento do ambiente, ao reduzir a T (°C) e TGN 2,64 e 5,09 °C, respectivamente. As médias de UR % ficaram acima do recomendado ($> 80\%$) para vacas de leite, nas três estações avaliadas, exceto no outono e, no pasto com árvores na condição sombreada, onde a média de UR% foi de 70,70%. A presença da sombra das árvores também influenciou ($p < 0,05$) os índices de conforto térmico, nas três estações avaliadas, onde foram observadas reduções dos valores médios do ITU e ITGU. No verão foi observada a situação mais crítica, onde no PSA os valores médios indicaram um ambiente que propicia estresse severo aos animais (ITU = 80,71). No entanto, a sombra das árvores possibilitou redução do desconforto, pois reduziu o ITU em 6,46% ($p < 0,05$). A presença da sombra das árvores também influenciou ($p < 0,05$) o comportamento dos animais, onde foram observadas as maiores frequências de pastejo no verão e inverno. Em contrapartida, o ócio foi superior no pasto sem árvores no verão e inverno ($p < 0,05$). Quando avaliadas as condições de sombra e sol dentro do PCA, nos três ciclos, o pastejo foi superior no sol em comparação à sombra ($p < 0,05$). Os comportamentos de ócio e ruminação em pé, foram mais frequentes na sombra. No entanto, estes mesmos comportamentos deitados foram maiores no sol. A presença das árvores resultou em menor frequência de visitas ao bebedouro durante o verão e outono ($p < 0,05$). A rejeição das forrageiras em relação às fezes diminuíram ao longo do tempo. Mesmo assim aos 90 e 180 dias essa rejeição foi maior ($p < 0,05$) no pasto com árvores. Deste modo, é possível concluir que a presença da sombra de árvores em sistema de pastagem agroecológico influencia o microclima com menores valores de temperatura do ar, temperatura de globo negro e menor umidade relativa, em comparação à pastagem sem árvores. As mudanças no microclima promovem melhores condições de conforto térmico, o que possibilita aos animais pastejarem por mais tempo, permanecerem menos tempo em ócio no verão e inverno, e frequentarem menos vezes o bebedouro no verão e outono. A rejeição do pastejo em relação às fezes diminui ao longo do tempo, porém é maior em pastagens com árvores após 90 e 180 dias.

Palavras-chave: Bovinocultura de leite 1; etologia 2; bem-estar animal 3; agroecologia 4; silvipastoril 5.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of shade trees in an agroecological system on the microclimate and behaviour of dairy cows. The experiment was carried out at the Institute of Rural Development of Paraná – IAPAR/EMATER, at the Research Station in Agroecology – CPRA, in Pinhais – PR, during four consecutive days in three cycles: 1st cycle: February 2nd cycle: May and 3rd cycle: August 2022 (summer, autumn and winter in the southern hemisphere, respectively). The microclimatic variables were evaluated in three treatments: Pasture with trees in shade condition (shadow PCA); Pasture with trees in sun condition (sun PCA), and pasture without trees (PSA). The thermal comfort indices were obtained with the microclimate data collected: temperature and humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI). Cow behaviour was evaluated in two treatments: pasture without trees (PSA) and pasture with trees (PCA). In addition, we evaluated grazing rejection of faeces, in both treatments (PSA and PCA) at 30, 60, 90 and 180 days. In the summer, in the pasture without trees, the mean T(°C) exceeded ($p < 0.05$) the upper critical temperature for dairy cattle (> 26 °C); in that season, the shade of the trees was effective in protecting extremes of ambient warming, by reducing T (°C) and TGN (2.64 and 5.09 °C, respectively). The average RH % was above the recommended ($> 80\%$) for dairy cows in the three seasons evaluated, except in autumn, in the pasture with trees in the shaded condition, where the average RH% was 70.70%. The shade from trees also influenced ($p < 0.05$) the thermal comfort indexes, in the three seasons evaluated, where reductions in the average values of THI and BGHI were observed. The most critical situation was observed in the summer, where the PSA mean values (ITU = 80.7) indicated of severe stress. However, shade from trees made it possible to reduce discomfort, as they declined ($p < 0.05$) the THI by 6.46%. The presence of shadow from the trees also influenced ($p < 0.05$) the behavior of the animals, where the highest grazing frequencies were observed in summer and winter; on the other hand, idleness was ($p < 0.05$) higher in the pasture without trees in summer and winter. When evaluating the conditions of shade and sun within the PCA, in the three estimated cycles, grazing was superior ($p < 0.05$) in the sun compared to the shade. Standing idleness and rumination behaviours were more frequent in the shade. However, when performed lying down, they were higher in the sun. In summer and autumn, the presence of trees influenced a lower ($p < 0.05$) frequency of visits to the water fountain. Forage rejection of faeces decreased over time, yet at 90 and 180 days, this rejection was higher ($p < 0.05$) in pastures with trees. Thus, it is possible to conclude that shade trees in an agroecological pasture system influence the microclimate with lower air temperature, black globe temperature and relative humidity compared to pasture without trees. Changes in the microclimate promote better thermal comfort conditions, making it possible for the animals to graze longer, spend less time idling in summer and winter, and visit the water fountain less often in summer and autumn. The rejection of grazing concerning faeces decreases over time but is higher in pastures with trees after 90 and 180 days.

Keywords: Dairy cattle 1; ethology 2; animal welfare 3; agroecology 4; silvopastoral 5

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Imagem de satélite da área experimental na Estação de Pesquisa em Agroecologia IDR/CPRA	25
FIGURA 2 – Imagem ilustrativa da metodologia adotada para medição dos bolos fecais e distância da rejeição.....	34
FIGURA 3 – Valores médios de: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %) no PCA sombra, PCA sol e PSA no verão, outono e inverno.....	43
FIGURA 4 – Valores médios da distância (cm) da rejeição do pastejo em relação às fezes depositas, no pca e psa, após 30, 60, 90 e 180 dias.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição dos grupos durante período de avaliação	33
TABELA 2 – Comportamentos avaliados durante o experimento	34
TABELA 3 – Disponibilidade de forrageira disponível (MS/kg/ha) para o pastejo nos dois tratamentos (PCA e PSA).....	37
TABELA 4 – Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura de umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no verão.....	38
TABELA 5 – Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura de umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no outono.....	40
TABELA 6 – Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura de umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no inverno.....	42
TABELA 7 – Frequência (%) dos comportamentos instantaneos nos dois tratamentos (PSA e PCA) durante o verão.....	45
TABELA 8 – Frequência (%) dos comportamentos instantaneos nos dois tratamentos (PCA e PSA) durante o outono.....	47
TABELA 9 – Frequência (%) dos comportamentos instantaneos nos dois tratamentos (PCA e PSA) durante o inverno.....	48
TABELA 10 – Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no verão.....	50
TABELA 11 – Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no outono...	51
TABELA 12 – Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no inverno..	53

TABELA 13 – Média de eventos do comportamento contínuo 'ingestão de água' nos tratamentos PCA e PSA durante todo o experimento.....	54
TABELA 14 – Distância de rejeição do pastejo às fezes depositadas, no PCA e PSA, após 30, 60, 90 e 180 dias.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1	HIPÓTESE	17
1.2	OBJETIVO	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	BOVINOCULTURA DE LEITE AGROECOLÓGICA	18
2.2	SISTEMA SILVIPASTORIL AGROECOLÓGICO	19
2.3	COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS LEITEIROS.....	20
2.4	ÁREAS DE EXCREÇÃO E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE FORRAGEM.....	24
3	MICROCLIMA E COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS MANTIDAS EM SISTEMA AGROECOLÓGICO COM E SEM SOMBRA NO VERÃO, OUTONO E INVERNO	24
3.1	INTRODUÇÃO.....	26
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.1	Comitê de ética.....	27
3.2.2	Local do Experimento e Padrão Climático.....	27
3.2.3	Manejo dos animais.....	27
3.2.4	Definição e descrição dos tratamentos.....	28
3.2.5	Identificação da oferta de forragem nos piquetes.....	29
3.2.6	Delineamento Experimental e Variáveis Analisadas.....	30
3.2.6.1	Variáveis microclimáticas.....	30
3.2.6.2	Índices de Conforto térmico.....	30
3.2.6.3	Variáveis comportamentais.....	31
3.2.6.4	Comportamento da rejeição ao pastejo relativo às fezes depositadas.....	33
3.2.7	Análises Estatísticas.....	34
3.2.7.1	Microclima e Índices de Conforto Térmico.....	34
3.2.7.2	Comportamentos.....	35
3.2.7.3	Comportamento de rejeição ao pastejo relativa às fezes depositadas.....	35
3.3	Resultados e Discussão.....	36

3.3.1	Disponibilidade de massa forrageira.....	36
3.3.2	Microclima e Índices de Conforto Térmico.....	36
3.3.3	Comportamentos.....	43
3.3.3.1	Comportamentos Instantâneos.....	43
3.3.3.2	Comportamento Contínuo.....	51
3.3.4	Comportamento de rejeição ao pastejo relativas às fezes depositas.....	52
3.5	Conclusões.....	55
3.6	Referências.....	56
4	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE 1 – Certificado de aprovação do projeto pela comissão de ética do uso dos animais da estação de pesquisa idr/cpra título do apêndice.....	64
	APÊNDICE 2 – Planilha de campo para avaliação dos comportamentos instantâneos.....	65
	APÊNDICE 3 – Planilha de campo para avaliação do comportamento contínuo.....	66
	ANEXO 1 – Valores médios de temperatura do ar e precipitação pluvial, da estação meteorológica simepar - pinhais, pr, por mês, durante período de avaliação.....	67
	ANEXO 2 – Valores médios de temperatura do ar, da estação meteorológica SIMEPAR - Piraquara, PR, por horas, durante os quatro dias de coleta, em cada ciclo (verão, outono e inverno), em relação a temperatura crítica inferior e superior para bovinos de leite da raça Jersey (Naas et al., 1998).....	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

A adoção de sistemas de produção a pasto vem sendo discutida mundialmente por fornecer benefícios importantes à saúde e ao bem-estar animal (VAN LAER et al., 2015). No Brasil, em que predomina o clima tropical e subtropical, é comum que se mantenha bovinos de leite em pastagens durante o ano inteiro. Entretanto, apesar de favorecer a expressão de comportamentos naturais, os animais estão constantemente expostos a condições climáticas adversas nestes sistemas (KARVATTE JR. et al., 2020). Nesse sistema de produção a exposição constante à forte radiação solar direta submete os animais a condições termicamente estressantes, o que pode afetar negativamente sua saúde, bem-estar e produtividade (ALVES et al., 2019).

Além disso, a sociedade está cada vez mais consciente acerca das problemáticas ambientais, e pressiona o setor a adotar boas práticas de manejo sustentável e bem estar animal (SOUSA et al., 2022). Assim, a provisão de sombra a pasto é um importante recurso capaz de aliviar muitos sintomas de estresse por calor (KARVATTE JR. et al, 2021). De acordo com Baêta (1985), existem soluções economicamente viáveis, como a implementação de elementos arbóreos que proporcionam sombra de qualidade sem prejudicar o componente forrageiro, como o sistema silvipastoril.

A pecuária agroecológica aliada ao sistema silvipastoril, tem se mostrado como alternativa para pecuária a pasto, pois apresenta um elevado potencial para promover melhorias na saúde do solo, aumentar a diversidade da vegetação, sequestrar carbono e promover condições visando níveis ótimos de bem-estar animal (GRANDIN, 2022). Segundo Altieri (2018), os modelos de produção que se assemelham a ecossistemas naturais, como se busca desenvolver na agroecologia, são alternativas para alcançar a sustentabilidade nos sistemas de produção agrícola. O silvipastoril tem sido reconhecido como uma tecnologia importante para reduzir os efeitos adversos de fatores ambientais e torna-se essencial para possibilitar o conforto térmico aos animais, pois a sombra das árvores reduz a carga térmica do ambiente, proporcionando boas condições para animais em pastejo (KARVATTE JR. et al., 2021).

Segundo Deniz et al. (2023), os estudos sobre os efeitos dos sistemas silvipastoris na produção leiteira sobre microclima e as respostas comportamentais

dos animais são relativamente escassos. Existe uma carência de estudos em sistema silvipastoril, principalmente considerando o manejo agroecológico (VIEIRA et al., 2021). Quando a pecuária agroecológica é mencionada, sua abordagem é frequentemente limitada aos sistemas silvipastoris (ALTIERI e NICHOLLS, 2020). Para efetivar a produção de alimentos agroecológicos, é fundamental o conhecimento de alternativas tecnológicas que sejam bem-sucedidas e comprovadas por meio de pesquisa científica (PINHEIRO FILHO et al., 2023). Desta forma, objetivou-se por meio deste trabalho avaliar a influência da sombra de árvores de sistema agroecológico no microclima e no comportamento de vacas leiteiras.

1.1 HIPÓTESE

A presença da sombra de árvores em sistemas de pastagens agroecológicas interfere no microclima e, conseqüentemente no comportamento de vacas leiteiras.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da presença de sombra de árvores em sistema agroecológico no microclima e no comportamento de vacas leiteiras em sistemas agroecológicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar o efeito da presença de sombra no microclima em sistema agroecológico;
- Avaliar o efeito da presença de sombra no comportamento individual e coletivo de vacas leiteiras criadas a pasto;
- Identificar a relação entre as áreas de excreção e o comportamento ingestivo individual e coletivo de forragem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BOVINOCULTURA DE LEITE AGROECOLÓGICA

A produção leiteira no Brasil foi estimada em 35,3 bilhões de litros em 2021 (IBGE, 2022), e se distribui por quase todo o país. A cooperação entre produtores de leite e indústrias de laticínios está se tornando cada vez mais relevante na busca por uma atividade produtiva, econômica e sustentável (ANUÁRIO LEITE, 2023). No entanto, no Brasil, cujas regiões possuem predominância de clima tropical e subtropical, as condições são consideradas desafiadoras para a produção animal. Isso se deve às altas temperaturas, elevada umidade relativa do ar, baixa ou alta velocidade do vento e incidência excessiva de radiação solar sobre os animais, fatores que podem ser limitantes (SILVA et al., 2010).

Nesse sentido, a agroecologia, associada a modelos de produção que se assemelham a ecossistemas naturais, como os sistemas agroflorestais, tem se mostrado como alternativa, pois oferece ferramentas para alcançar a sustentabilidade na agricultura e pecuária (ALTIERI et al., 2018). O enfoque agroecológico compreende a aplicação dos princípios e conceitos no redesenho e manejo de agroecossistemas, visando a sua sustentabilidade ao longo do tempo. Trata-se de uma abordagem que vai além dos aspectos tecnológicos da produção, incorporando dimensões mais amplas e complexas, incluindo variáveis econômicas, sociais e ecológicas, bem como variáveis culturais, políticas e éticas (CAPORAL e COSTABEBER, 2002).

A criação animal agroecológica está inserida no âmbito mais abrangente da Agroecologia e suas diversas dimensões, sendo reconhecida como uma ciência multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar (MACHADO FILHO et al., 2010). A partir de exemplos concretos, podem ser adotadas as seguintes técnicas agroecológicas para a criação animal: manejo reprodutivo sem o uso de hormônios, alimentação baseada em pasto e/ou produtos locais de fácil acesso, práticas de manejo respeitadas entre humanos e animais, seleção de raças adaptadas e aumento da biodiversidade, promoção da saúde por meio de terapias alternativas e nutracêuticos, uso de tecnologias adaptadas e produção de alimentos saudáveis com pouca dependência de insumos externos aos sistemas (ALEXANDRE et al., 2014). A presença dos bovinos nos sistemas agroecológicos é importante pois

viabiliza a redução de insumos químicos sintéticos e alimentos, uma vez que os animais são capazes de devolver nutrientes ao solo por meios das fezes e potencializar o uso da energia solar por meio do consumo de pastagens como alimento básico (MACHADO et al., 2010).

Um dos principais desafios enfrentados na produção agroecológica animal está relacionado ao controle do impacto na saúde dos animais ao mantê-los em espaços abertos, incluindo o risco de transmissão de doenças, a adaptação da dieta e as incertezas na previsão de desempenho em um ambiente menos controlado. Essas questões demandam atenção e estratégias adequadas para garantir o bem-estar animal, minimizar a propagação de doenças e otimizar o desempenho dos animais em um contexto agroecológico (KIJLSTRA e EIJCK., 2006).

2.2 SISTEMA SILVIPASTORIL AGROECOLÓGICO

O sistema silvipastoril (SSP) é um arranjo agroflorestal que integra na mesma área, pastagens, árvores e animais (PERI et al., 2016), que possibilita alteração das condições do microclima para benefício do meio ambiente e, conseqüentemente, dos animais (VIEIRA et al., 2021). O SSP caracteriza-se em um método sustentável devido à restauração de pastagens degradadas e estoque de carbono, nitrogênio e preservação ambiental (JUNIOR et al., 2020). Embora inicialmente concebidos para a recuperação de solos e pastagens degradadas, estes sistemas também são eficientes geradores de importantes benefícios ambientais (KARVATTE JR. et al., 2021), conforto térmico e bem estar animal.

Os SSP são alternativas tecnológicas viáveis para proporcionar maior conforto térmico aos animais, influenciando também na reprodução das vacas, que apresentam um número maior de folículos ovarianos e ovócitos viáveis comparados às vacas expostas ao sol (MARTINS et al., 2020). Segundo Broom (2013), tanto as árvores quanto os arbustos podem fornecer sombra para se protegerem do sol e abrigo da precipitação, bem como atender à necessidade alimentar, pois podem ser uma fonte substancial de nutrientes para ruminantes e outros animais.

Ao planejar um SSP, é essencial levar em consideração múltiplas variáveis, abrangendo fatores temporais e espaciais. Estes elementos englobam, por exemplo, decisões relativas à orientação e localização das árvores no pasto, espaçamento entre as árvores e considerações que impactam a duração das atividades das

operações à campo (de SOUSA, 2022). É imprescindível realizar a seleção adequada das espécies arbóreas e da pastagem. Alguns critérios relevantes a serem considerados durante a implantação incluem: ausência de efeito alelopático, tolerância à seca, adaptação ao ambiente específico, crescimento moderado e formação de copas pouco densas que proporcionem abrigo para a fauna (CARVALHO et al., 2001). No entanto, caso o sistema não seja devidamente implementado, podem ocorrer efeitos prejudiciais. O aumento da densidade das árvores pode resultar em uma redução significativa da radiação solar acima do dossel forrageiro, afetando a iluminação e a temperatura, uma vez que a forragem requer um ambiente adequado para o seu crescimento e desenvolvimento (VIEIRA et al., 2021).

A presença das raízes das árvores possibilita a manutenção de uma estrutura de solo complexa, que tem como consequência maior retenção de água e, redução na lixiviação de nutrientes para as águas subterrâneas. Além disso, as raízes profundas de árvores e arbustos são capazes de recuperar nitratos e outros nutrientes que foram lixiviados abaixo da zona de enraizamento de plantas herbáceas e, eventualmente, reciclar esses nutrientes como serapilheira e renovação de raízes na zona de cultivo (BROOM; GALINDO e MURGUEITO, 2013)

Proporcionar sombra aos animais de aptidão leiteira, independentemente de seu estado fisiológico, é uma condição essencial para a melhoria dos índices de conforto térmico e bem-estar, além de aumentar a produtividade e diversidade da propriedade. Essa prática também contribui para reduzir a dependência de recursos externos e promove a reabilitação da paisagem rural (SOUZA et al., 2010).

2.3 COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS LEITEIROS

O clima é composto por um conjunto de fatores que podem agir separadamente ou em conjunto. Limitações à produção animal em regiões tropicais podem ser causadas por quatro principais fatores climáticos: temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e velocidade do vento (SOUZA et al., 2010). Segundo o IPCC (2022), modelos climáticos projetam diferenças robustas nas características climáticas para os próximos anos. Essas diferenças incluem aumentos da temperatura média na maioria das regiões terrestres e oceânicas, extremos de calor na maioria das regiões habitadas, ocorrência de chuva intensa em diversas regiões

e probabilidade de seca e déficits de chuva em algumas regiões. Desse modo, é necessário discutir sobre formas de mitigar essas mudanças e seus impactos na produção animal.

Discussões sobre bem-estar animal e conforto térmico na pecuária crescem junto com outras preocupações com os impactos gerados pelas mudanças climáticas e pelo aquecimento global (KARVATTE JUNIOR et al., 2021). Em regiões tropicais e subtropicais, onde a produção de gado ocorre majoritariamente em pastagens (ALVES et al., 2019), a alta incidência de radiação solar e altas temperaturas do ambiente, impactam no bem estar dos animais (OLIVEIRA et al., 2019). Nessas regiões, a adoção de estratégias que mitiguem os efeitos adversos do clima é necessária para proporcionar melhor conforto e bem-estar, seja para raças européias ou zebuínas e cruzamentos (SILVA et al., 2020).

A interação entre os elementos climáticos provoca alterações fisiológicas nos animais, que acabam interferindo em seu potencial produtivo. Bovinos leiteiros são animais homeotérmicos, ou seja, buscam manter a temperatura corporal constante, mesmo com variação da temperatura do ambiente. Desse modo, necessitam de um ambiente que lhes propicie o mínimo de condições necessárias para sua produção, visto que são animais sensíveis, capazes de detectar mínimas variações climáticas a ponto de necessitarem utilizar de seus recursos termorregulatórios (SCHÜTZ et al., 2010).

Os bovinos possuem padrões comportamentais, fisiológicos e metabólicos circadianos para manter a temperatura corporal constante (REYES et al., 2010). Em casos de temperaturas acima ou abaixo do limite crítico, 4 a 26 °C para bovinos leiteiros (NAAS et al., 1998), ativam-se mecanismos de termorregulação como: aumento da frequência respiratória, vasodilatação periférica, mudança nas respostas comportamentais como diminuição do pastejo, distúrbios metabólicos e outros (RENAUDEAU et al., 2012). Os animais homeotérmicos realizam trocas de energia térmica com o ambiente por meio de formas sensíveis e latentes de transferência de calor (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Cada espécie animal possui uma zona de termoneutralidade, também conhecida como zona de conforto térmico. Dentro dessa faixa termoneutra, a taxa metabólica necessária para manter a temperatura corporal é minimizada (Dash et al., 2016). A zona de termoneutralidade está contida entre a temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI). O animal consegue manter a

temperatura corporal até as zonas limites com os recursos termorregulatórios que dispõe. Quando a temperatura for acima ou abaixo das zonas limite, esses mecanismos não conseguem manter a temperatura corporal e o animal entra em estado de hipertermia (elevação da temperatura corporal) ou hipotermia (diminuição da temperatura corporal) (SILVA et al., 2000). Existem raças e espécies adaptadas às condições de altas e baixas temperaturas, sendo recomendado o uso de parâmetros bioclimatológicos da raça como critérios adicionais na escolha do animal a ser utilizado em cada sistema de produção, para reduzir os impactos negativos causados pelo ambiente (NETO et al., 2020).

O estresse térmico ocorre quando os mecanismos de troca de calor não são suficientes para dissipar o excesso de calor gerado pelo metabolismo animal para o ambiente, resultando em um desequilíbrio térmico (BARNABÉ et al., 2015). Sob estresse térmico, os animais mudam seu comportamento para reduzir a quantidade de calor endógeno produzido e promover a perda de calor (SCHÜTZ et al, 2011), procuram por locais sombreado e água, diminuindo a ingestão de alimento e reduzem o tempo de ruminção (FERREIRA et al., 2014). Sob estresse térmico, vacas leiteiras aumentam a taxa de capacidade respiratória (PERISSINOTTO et al., 2009). Abreu (2020) comprovou que as vacas sem sombra apresentaram maior dano ao DNA nos linfócitos durante período de estresse, do que as vacas em condições sombreadas.

Em situações caracterizadas por um gradiente térmico, ou seja, uma diferença entre a temperatura do corpo e do ambiente, os mecanismos sensíveis de trocas térmicas (condução, radiação e convecção) demonstram maior eficiência (NUNES et al., 2015). A evaporação, uma forma latente de transferência de energia, revela-se como a forma mais eficiente de transferência de calor e massa em altas temperaturas, permitindo tal transferência mesmo sob condições de gradiente térmico reduzido (COLLIER et al., 2006). De acordo com Magalhães et al. (2006), altas temperaturas, associadas com alta umidade relativa do ar afetam diretamente o conforto animal e suas funções fisiológicas, que podem prejudicar o comportamento dos animais. Quando a rotina diária de um animal é perturbada, pode-se esperar por um desempenho reduzido, uma vez que um animal estressado tem aumento da temperatura corporal, frequência respiratória e suor (CARNEVALLI et al., 2020).

Para avaliar diretamente o impacto dos efeitos climáticos sobre os animais, foram criados indicadores de conforto térmico, como os índice de temperatura e umidade, desenvolvido por Thom (1958) e índice de temperatura de globo negro e umidade, desenvolvido por Buffington (1981). Embora o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) não seja o índice mais abrangente para a determinação do conforto térmico, ele é amplamente utilizado devido à facilidade de obtenção das informações meteorológicas necessárias, como temperatura (°C) e umidade do ar (%) (SOUZA et al., 2010). Segundo Carvalho et al. (2020), indicadores como Temperatura do Globo Negro e Índice de Umidade podem ser associados diretamente com conforto térmico, comportamento dos animais e respostas fisiológicas.

Outra forma de mensurar o conforto térmico dos animais é através do Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981). O ITGU é uma ótima opção para estimar o conforto térmico dos animais criados a pasto, pois também considera o efeito da radiação solar no corpo do animal, que é um fator ambiental importante (VOLPI et al., 2021). Baêta (1985) destaca que ITGU entre 74 e 78 representa alerta, e acima disso, até 84 caracteriza perigo de grandes perdas produtivas ou até morte.

Conforme descrito por Broom e Molento (2004), os bovinos apresentam comportamentos que correspondem às suas características físicas, fisiológicas e emocionais. Ademais, tais características podem ser sensivelmente afetadas pelo ambiente. Os comportamentos dos bovinos podem ser divididos em três principais categorias, sendo elas: comportamento social, comportamento reprodutivo e comportamento ingestivo (COSTA et al., 2017).

Considerando que as atividades diárias são basicamente divididas em períodos de alimentação, ruminação e descanso (OLIVEIRA et al., 2021), identificar o tempo dedicado a diferentes atividades por bovinos a pasto é imprescindível para a compreensão das relações causa-efeito no ambiente pastoril (KARVATTE et al., 2021). A compreensão dos comportamentos e dos fatores que os afetam, permite a definição e implementação de manejos mais adequados dos animais, e em consequência, melhores condições de bem-estar para os animais (COSTA et al., 2017). No estudo do comportamento de bovinos leiteiros, são considerados como principais parâmetros investigados aqueles relacionados à alimentação, ruminação, períodos de ócio e busca por água e sombra (MONTY e GARBARENO, 1978).

2.4 ÁREAS DE EXCREÇÃO E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE FORRAGEM

A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas de pastagem é um processo dinâmico, que envolve solo-planta-animal e o manejo desses componentes. Os animais influenciam a ciclagem e redistribuição de nutrientes através do consumo de nutrientes minerais via desfolhação das plantas da pastagem, e através do retorno dos nutrientes minerais para o solo, via excreção (CAVALCANTE et al., 2009). A presença das excretas dos ruminantes é um importante via de retorno de nutrientes para as plantas forrageiras das pastagens, especialmente quando práticas de adubações não são realizadas (CARVALHO et al., 2016). A liberação dos nutrientes contidos nas placas de fezes está diretamente relacionada à sua taxa de decomposição, como também do seu teor e da quantidade que se encontra disponível para a planta (LIMA et al., 2014).

A rejeição das plantas forrageiras pelos animais, devido aos bolos fecais, leva à modificação da estrutura do pasto, o que pode determinar a disponibilidade do pasto para os animais, e afetar o comportamento ingestivo (CARVALHO et al., 2016). Em contrapartida, favorece a ciclagem de nutrientes pelas forrageiras, pois, com rejeição da forragem próxima das fezes dos bovinos, ocorre maior senescência foliar (SANTOS et al., 2011) e, nesse processo, parte dos minerais, como o nitrogênio, é reciclado internamente na planta (SANTOS et al., 2012).

Entender os efeitos que as fezes depositadas pelos bovinos no pasto têm no desenvolvimento da pastagem é importante, devido a sua influência nas características estruturais do pasto e, conseqüentemente, nas respostas comportamentais dos animais. Em pastagens, é comum a existência de locais com maior frequência ou intensidade de desfolhação, devido, entre vários fatores, à seletividade de pastejo pelo animal. Isso acaba resultando na estrutura em mosaico do pasto, que tem implicações importantes na produção do ecossistema pastoril (CARVALHO et al., 2009). O conhecimento da relação entre os padrões de desfolhação e a morfogênese da planta forrageira permite identificar os efeitos da deposição das fezes pelos bovinos no pasto (SANTOS et al., 2014).

Segundo Carvalho et al. (2016), inicialmente, a rejeição das plantas ocorre pelo odor das fezes posteriormente, pela maior maturidade da planta. As plantas passam por maior período sem desfolhação, o que aumenta sua percentagem de

colmo em relação à folha, o que também contribui para a rejeição das forrageiras pelos animais (SANTOS et al., 2012).

3 MICROCLIMA E COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS MANTIDAS EM SISTEMA AGROECOLÓGICO COM E SEM SOMBRA EM ESTAÇÕES QUENTES E FRIAS

3.1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos de origem animal cresce e aumenta a preocupação por parte dos consumidores sobre o impacto que a intensificação dos sistemas de produção de alimentos de origem animal, pode causar no bem-estar animal (ALONSO et al., 2020). Quando se trata de produção de leite a pasto, os consumidores estão cada vez mais exigentes por sistemas de produção que produzam com menor impacto ambiental e que permitam que os animais expressem seus comportamentos naturais (BOOGAARD et al., 2010) e estejam protegidos do estresse térmico (CARDOSO et al, 2019).

Nos sistemas de produção animal a base de pasto, a falta de sombra tem se mostrado com um problema frequente, que tem chamado a atenção para o estresse térmico como um importante fator limitante da produção. Na tentativa de minimizar os efeitos das variáveis climáticas nesse sistema, estratégias como o uso de sombreamento natural, nos sistemas silvipastoris, tem sido utilizado, e apresentam efeito comprovado na redução da carga térmica de animais criados a pasto (SOUZA et al., 2010).

O sistema silvipastoril é uma modalidade de sistema agroflorestal que integra na mesma área o uso das pastagens, árvores e animais (PERI; DUBE; VARELLA, 2016). Segundo Charet e Maurício (2019), a implementação de estratégias como o silvipastoril podem auxiliar a pecuária a se adaptar às mudanças climáticas. Para Schmitt Filho (2013), o sistema silvipastoril tem potencial de promover serviços ecossistêmicos pela interação de seus componentes planta, solo e animal. Além disso, podem melhorar a rentabilidade da atividade (CHARA et al., 2019), auxiliar no estabelecimento de pastagens (CASTILLO et al., 2020) e amenizar efeitos das mudanças climáticas, já que as árvores no sistema possibilitam a proteção do agroecossistema da radiação solar direta e dos ventos (BOSI et al., 2020).

É observada uma falta de ênfase e representatividade da bovinocultura de leite agroecológica. Para efetivar a produção de alimentos agroecológicos, é

fundamental o conhecimento de alternativas tecnológicas que sejam bem-sucedidas e comprovadas por meio de pesquisa científica (PINHEIRO FILHO et al., 2023). Nesse sentido, é fundamental avaliar a influência da sombra de árvores no microclima e no comportamento de vacas leiteiras em sistema agroecológico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Comitê de Ética

A pesquisa em animais foi conduzida de acordo com o comitê de ética institucional sobre uso de animais do IDR-CPRA sob protocolo nº 04/2022.

3.2.2 Local do Experimento e Padrão Climático

As coletas foram realizadas no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR/EMATER, na Estação de Pesquisa em Agroecologia – CPRA, em Pinhais – PR, georreferenciado em 25°26'41"S, 49°11'33"O com altitude de 893 m, na região sul do estado do Paraná, durante quatro dias consecutivos em cada ciclo: 1º ciclo: fevereiro; 2º ciclo: maio e 3º ciclo: agosto de 2022 (verão, outono e inverno no hemisfério sul, respectivamente). O clima da região é caracterizado como temperado marítimo úmido (Cfb), de acordo com a classificação de Köppen. A região possui temperatura média anual que varia entre 11°C (estações frias) e 23°C (estações quentes) e precipitação média anual acima de 1349 mm (Alvares et al., 2013). Foram utilizados dados meteorológicos de médias de temperatura do ar e precipitação pluvial, coletados pela Estação Meteorológica do SIMEPAR de Pinhais - PR durante o período de avaliação (Anexos 1 e 2).

3.2.3 Manejo dos animais

Na Estação de Pesquisa em Agroecologia – CPRA, os animais são manejados pelo sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), no qual a cada ordenha os animais adentram em um novo piquete e possuem acesso ad libitum ao bebedouro e cocho de sal mineral (PINHEIRO MACHADO, 2010).

3.2.4 Definição e Descrição dos Tratamentos

Para a realização do experimento, foram definidos dois tratamentos: 1 – Pasto sem árvores (PSA): piquetes sem a presença de árvores; 2 – Pasto com árvores (PCA): piquetes com árvores em linha na cerca (Figura 1). Os dois tratamentos localizam-se a 30 m de distância um do outro e consistiam em quatro piquetes de cada tratamento, com a mesma dimensão (500 m²), totalizando oito piquetes. Os piquetes eram compostos por uma pastagem polifítica, composta por várias espécies de gramíneas, como *Axonopus ssp.*, *Pennisetum ssp.*, *Paspalum spp.*, *Cynodon spp.*, *Lolium spp.*, espécies espontâneas, e por leguminosas, com predominância de *Trifolium spp.* e *Arachis spp.*

O piquete com árvores era composto por aproximadamente oito espécies de árvores (*Eucalyptus urograndis*, *Patagonula americana*, *Psidium cattleyanum*, *Eugenia uniflora*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Cordia trichotoma*, *Taxodium disthicum*, *Liquidambar orientalis*) em uma única fileira, em um orientação nordeste-sudoeste, com 30 m entre linhas e 3 m entre as árvores. A área da condição sombreada (4% da área do piquete, ou seja 8 m² de sombreamento por animal) foi determinado pelo Índice de Vegetação de Sombreamento (de SOUSA et al., 2021). Segundo Schütz et al. (2014), a quantidade de área da condição sombreada disponível foi suficiente para todos os animais.

FIGURA 1 – IMAGEM DE SATÉLITE DA ÁREA EXPERIMENTAL NA ESTAÇÃO DE PESQUISA EM AGROECOLOGIA IDR/CPRA



FONTE: O autor (2023).

3.2.5 Identificação da oferta de forragem nos piquetes

Antes do início de cada coleta do experimento, foi determinada a massa forrageira disponível para o pastejo, utilizando como critério a oferta mínima de 6% do peso vivo, considerada não limitante. Para tal, foi adotada a metodologia de amostragem direta. As forragens presentes dentro do quadrado (0,25 m²) foram cortadas próximo ao solo e pesadas. Foram coletadas cinco amostras de cada piquete. As amostras foram encaminhadas para o laboratório do IDR-CPRA, e secas a 65°C em estufa de ventilação forçada até peso constante. As coletas foram realizadas nos dois tratamentos (PCA e PSA). Nos dias 19 e 20 de abril foi realizada sossessemeadura a lanço de aveia, nos piquetes da pesquisa.

3.2.6 Delineamento Experimental e Variáveis Analisadas

3.2.6.1 Variáveis Microclimáticas

Para evitar variações temporais entre os sistemas, as coletas foram realizadas de forma simultânea e em condições de céu aberto, durante quatro dias consecutivos em cada ciclo (verão, outono e inverno). Para o levantamento microclimático, em ambos os tratamentos foram aferidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (UR, %), e temperatura do globo negro (TGN, $^{\circ}\text{C}$).

As medições foram realizadas com intervalos de 5 minutos, das 9h00 às 16h00. A temperatura do ar e a umidade relativa foram medidas no interior de abrigo meteorológico (ISO 7726, 1998) por um sensor DHT22 (escala de -40 a 80 $^{\circ}\text{C}$, precisão de $\pm 0,5$ $^{\circ}\text{C}$; e resolução de $0,1$ $^{\circ}\text{C}$; UR: escala de 0% a 100% , $\pm 2\%$ de precisão; $0,1\%$ de resolução). A temperatura de globo negro foi medida por um sensor térmico DS18B20 fixado no centro de um globo negro, esfera oca preta de plástico (VEGA et al., 2020). O conjunto de sensores foi acoplado a um microcontrolador (Arduino® Nano) e os dados foram armazenados em um cartão micro SD.

No tratamento PCA os conjuntos de sensores foram localizados a pleno sol na condição ensolarada, ou seja, distante das árvores, e na sombra, a 1,5 metros de distância das árvores (DENIZ et al., 2020). No PSA, o conjunto de sensores foi localizado a pleno sol, no centro do piquete. Nas três localizações, as variáveis TA, UR e TGN foram medidas na altura de 1,3 metros do solo, que corresponde à altura do centro de massa de um adulto de Jersey (DENIZ et al., 2020).

3.2.6.2 Índices de conforto térmico animal

Com os dados microclimáticos coletados, foram obtidos os índices de conforto térmico animal (ITU e ITGU). O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) foi determinado conforme equação desenvolvida por Buffington et al. (1981) descrita a seguir:

$$ITGU = Tgn + (0,36 * Tpo) - 330,08$$

Em que:

Tgn: Temperatura de globo negro (K)

Tpo: Temperatura de ponto de orvalho (K)

Os valores de Tgn e Tpo foram convertidos de Celcius para Kelvin.

A temperatura do ponto de orvalho (Tpo) foi calculada conforme equação desenvolvida por Wilhelm (1976), descrita a seguir:

$$Tpo = (T - (100 - UR) / 5)$$

Em que:

T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi determinado de acordo com a fórmula proposta por Thom (1958), descrita a seguir:

$$ITU = Ta + (0,36 * Tpo) + 41,5$$

Em que:

Ta: Temperatura do ar (°C)

Tpo: Temperatura do ponto de orvalho (°C)

3.2.6.3 Variáveis Comportamentais

Neste estudo participaram doze vacas leiteiras secas da raça Jersey, com aproximadamente (média ± DP) 4 ± 2 anos de idade e peso médio de 400 ± 56,85 kg, que foram divididas em dois grupos semelhantes de seis animais, de acordo com a idade, peso, e cor da pelagem. Foram utilizadas vacas secas pois se utilizássemos as vacas de leite, atrapalharia muito o manejo diário da estação de pesquisa em agroecologia IDR – CPRA. O desenho experimental foi um crossover. Os dois grupos de vacas passaram pelos dois tratamentos (PSA e PCA). Os dois grupos foram avaliados simultaneamente por quatro dias em três estações (verão, outono e

inverno) (Tabela 1). Os animais permaneciam nos piquetes experimentais durante o período da coleta (9h00 às 16h00). Após a coleta, todas as vacas foram mantidas em outro piquete, adjacente à área experimental, para passar a noite. Durante todos os dias, antes do experimento os animais eram levados simultaneamente para a área de manejo do IDR/CPRA, onde realizava-se a pintura dos animais com marcador comercial, separava-se os dois grupos de animais e então esses eram conduzidos para os piquetes experimentais de cada tratamento.

Tabela 1 – Distribuição dos grupos durante os ciclos de avaliação

1º Ciclo	Verão	
	Tratamentos	
	Pasto sem árvores (PSA)	Pasto com árvores (PCA)
21/02/22	Grupo 1 - piquete 1	Grupo 2 - piquete 1
22/02/22	Grupo 2 - piquete 2	Grupo 1 - piquete 2
23/02/22	Grupo 1 - piquete 3	Grupo 2 - piquete 3
24/02/22	Grupo 2 - piquete 4	Grupo 1 - piquete 4
2º Ciclo	Outono	
	Tratamentos	
	Pasto sem árvores (PSA)	Pasto com árvores (PCA)
17/05/2022	Grupo 2 - piquete 1	Grupo 1 - piquete 1
18/05/2022	Grupo 1 - piquete 2	Grupo 2 - piquete 2
19/05/2022	Grupo 2 - piquete 3	Grupo 1 - piquete 3
20/05/2022	Grupo 1 - piquete 4	Grupo 2 - piquete 4
3º Ciclo	Inverno	
	Tratamentos	
	Pasto sem árvores (PSA)	Pasto com árvores (PCA)
23/08/2022	Grupo 1 - piquete 1	Grupo 2 - piquete 1
24/08/2022	Grupo 2 - piquete 2	Grupo 1 - piquete 2
25/08/2022	Grupo 1 - piquete 3	Grupo 2 - piquete 3
26/08/2022	Grupo 2 - piquete 4	Grupo 1 - piquete 4

As avaliações comportamentais dos animais foram realizadas com início às 9h00 e término às 16h00. Todas as observações foram realizadas por no mínimo dois observadores previamente treinados. Os observadores foram alternados diariamente de grupo e tratamento. Os comportamentos pastando, ruminando, ócio e 'outros' foram avaliados através de observações instantâneas em intervalos pré-definidos de 5 minutos (ALTMANN, 1974). O comportamento ingestão de água foi registrado continuamente, sempre que ocorreu. As definições dos comportamentos são mostradas na Tabela 2. Para avaliar a condição (sombra ou sol) do PCA mais

utilizados pelas vacas, foram registrados em qual condição os animais realizavam cada comportamento.

Tabela 2 - Comportamentos avaliados durante o experimento

Comportamentos	Definição
Instantâneos	
Pastejo	Animal com a boca próxima ao solo ou apreendendo forragem, podendo se movimentar vagarosamente para frente, mas com a boca abaixo do nível superior da pastagem.
Ruminando em pé	Animal em pé, regurgitando, remastigando e redeglutindo o bolo alimentar.
Ruminando deitada	Animal deitado, regurgitando, remastigando e redeglutindo o bolo alimentar.
Ócio em pé	Animal não desempenhando nenhuma atividade (ruminando, pastejando, etc.).
Ócio deitado	Animal deitado, não desempenhando nenhuma atividade (ruminando, pastejando, etc.).
Outros	Qualquer outro comportamento não descrito acima (lambendo; interações agonísticas, montando).
Contínuo	
Ingestão água	Animal com os lábios imersos na água, em pé eliminando excremento líquido natural.

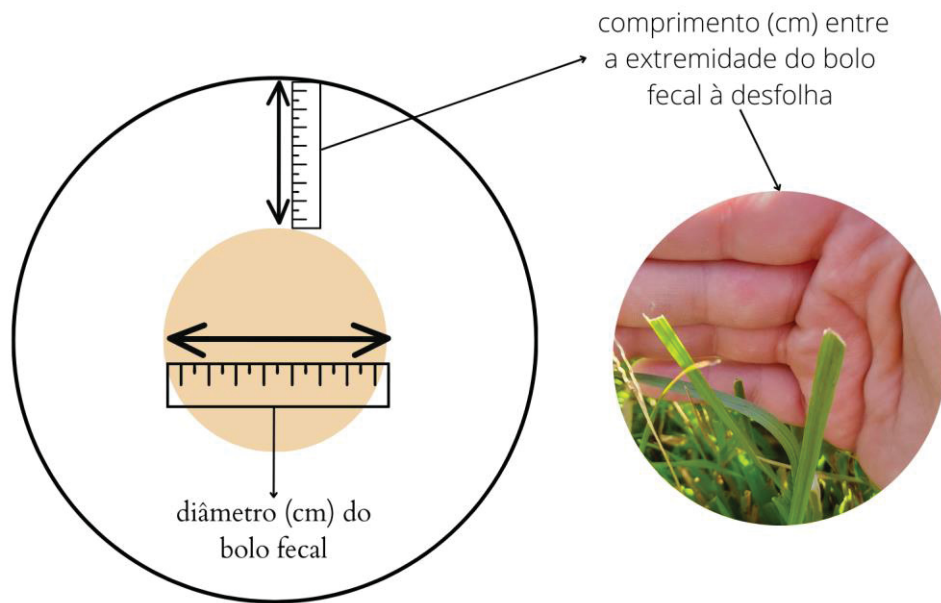
3.2.6.4 Comportamento de rejeição ao pastejo relativa às fezes depositadas

Para identificar se houve ou não rejeição ao pastejo relativa às fezes depositadas, foram realizadas medições com auxílio de uma régua graduada, do diâmetro dos bolos fecais (cm) e da distância (cm) entre a extremidade dos bolos fecais até onde foi identificada visualmente remoção das folhas (Figura 2) pelos animais aos 30, 60, 90 e 180 dias. As avaliações foram realizadas após a saída dos animais do primeiro ciclo do experimento (março, abril, maio e agosto, respectivamente).

Antes do início das coletas, foi realizada a retirada dos bolos fecais depositados pelos animais nos piquetes, para que não houvesse influência. Para determinação dos bolos fecais a serem avaliados foram selecionados aqueles

isolados, numa distância mínima de 2 metros de outros bolos fecais, para não ocorrer influência entre eles. Por fim, em cada tratamento (PCA e PSA) foram selecionados 15 bolos fecais. Os bolos fecais foram demarcados com estacas de bambu e fitas de cores diferentes para sinalizar o mês de deposição.

FIGURA 2 – IMAGEM ILUSTRATIVA DE METODOLOGIA ADOTADA PARA MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DOS BOLOS FECAIS E DISTÂNCIA DA REJEIÇÃO



FONTE: O Autor (2023).

3.2.7 Análises Estatísticas

Todas as análises foram realizadas através do software estatístico R versão (R Core Team, 2019).

3.2.7.1 Microclima e Índices de Conforto Térmico

Para que fosse possível afirmar que os tratamentos (PCA e PSA) e as condições (sombra e sol) atuam sobre as variáveis microclimáticas e os índices de conforto térmico, os dados foram submetidos a análises de influência por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM) ao nível de 95% de confiança. Foi utilizada

distribuição Gamma. Foi realizada uma análise de influência das condições (sombra no PCA, sol no PCA e sol no PSA) nas variáveis microclimáticas existentes dentro de cada tratamento.

3.2.7.2 Comportamentos

Os dados foram analisados por modelos lineares generalizados (GLM) com nível de significância de 95%. As variáveis foram analisadas separadamente, e para cada variável um modelo comparando os diferentes tratamentos foi utilizado. Foi utilizada distribuição Poisson. Foram realizadas análises entre os tratamentos (PSA e PCA) e dentro do PCA (condições de sombra e sol). Para análise entre os dois tratamentos (PSA e PCA), o delineamento experimental consistiu em quatro repetições (piquetes), os animais foram considerados unidades amostrais, e as variáveis foram cada comportamento medido ao longo do tempo (9h00 às 16h00). Para a análise dentro do PCA (condições de sombra e sol), o delineamento foi composto por quatro repetições, os animais foram considerados unidades amostrais, e as variáveis foram cada comportamento medido ao longo do tempo (9h00 às 16h00).

3.2.7.3 Comportamento de rejeição ao pastejo relativa às fezes depositadas

Foram realizadas análises para testar as pressuposições da ANOVA, incluindo a identificação de outliers e valores influentes, além do uso do Teste de Cramer von Mises para verificar a normalidade dos dados. Após essa verificação, o Teste de Tukey foi empregado para determinar se existiam diferenças significativas entre os tratamentos PCA e PSA. Foi realizada análise de regressão e quando analisada a relação entre a rejeição e tempo, foram observadas diferentes relações lineares. Para isso, foi realizada regressão linear por partes.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Disponibilidade de massa forrageira

As médias de massa forrageira disponível, medidas nos piquetes dos tratamentos (PSA e PCA) estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Disponibilidade forrageira (MS/kg/ha) para o pastejo nos dois tratamentos (PCA e PSA)

Ciclos	Tratamentos	
	PCA	PSA
1º – fevereiro	5024	6765
2º – maio	4665	4833
3º – agosto	4325	4114

Pode-se observar que a disponibilidade de massa forrageira estava dentro do critério da oferta mínima, ou seja, 6% do peso vivo de cada animal, de acordo com a metodologia proposta. Desse modo, a massa de forragem disponível não foi limitante aos animais, nos três ciclos de avaliação.

3.3.2 Microclima e Índices de Conforto Térmico

Os valores médios de temperatura do ar (Anexo 2), da estação meteorológica (SIMEPAR - Piraquara, PR) por horas, durante os quatro dias de coleta, em cada ciclo (verão, outono e inverno), em relação à temperatura crítica inferior e superior para bovinos de leite da raça Jersey (NAAS et al., 1998) mostraram que as médias de temperatura do ar se estavam dentro da faixa ideal (ou seja, entre 4 e 27° C) para vacas leiteiras nos horários que antecediam e após as coletas (antes das 9h00 e após as 16h00).

Influência significativa ($p < 0,05$) mostrou que a sombra das arvores influenciaram as variáveis microclimáticas e índices de conforto térmico no verão (Tabela 4). As menores médias de temperatura do ar, temperatura de globo negro, umidade relativa, ITU e ITGU, foram observadas no pasto com árvores, em comparação ao PSA. Mesmo em condição ensolarada no pasto com árvores, também houve influência das árvores ($p < 0,05$), onde as médias das variáveis

microclimáticas e índices de conforto térmico também se mostraram menores, em comparação ao PSA.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no verão.

1º Ciclo - Verão					
Sistema	PCA				PSA
Condição	Sombra		Sol		Sol
	Média	p-valor	Média	p-valor	Média
T (°C)	25,94	<0,001	28,30	0,535	28,58
TGN (°C)	28,07	<0,001	33,12	0,0137	34,05
UR (%)	81,07	<0,001	83,68	<0,001	87,85
ITU	75,50	<0,001	78,92	<0,001	80,71
ITGU	77,30	<0,001	83,44	<0,001	84,81

Variáveis microclimáticas com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

A sombra das árvores influenciou o microclima no verão, já que fez com que a médias de temperatura do ar fosse em média 2,64 °C menor em comparação ao PSA. Segundo Karvatte et al. (2016), na região centro-oeste o fornecimento de sombra faz com que a temperatura do ar sob a copa das árvores seja cerca de 3 a 4 °C menor que áreas a pleno sol. Todavia, até mesmo em áreas ensolaradas o PCA também apresentou influência, no qual também obteve valores médios inferiores aos do PSA. Fato que justifica é que o componente arbóreo modifica o microclima, mesmo em locais em que não há sombra (de SOUSA et al., 2021).

No PSA, a temperatura média excedeu a temperatura crítica superior para bovinos de leite (28,58 °C), situada entre 4 e 27 °C (Naas et al., 1998). No entanto, a sombra das árvores se mostrou eficaz na proteção de extremos de aquecimento do ambiente. Ao reduzir a incidência da radiação solar direta, possibilitou aos animais se manterem dentro da faixa de conforto para vacas leiteiras. A sombra das árvores

também propiciou uma redução média de 5,98 °C para os valores de TGN no verão. Karvatte et al. (2021) identificaram as menores médias de TGN nos sistemas silvipastoris (diferença média de $2,4 \pm 14$ °C) em relação ao sistema com pastagem sem sombra, no verão.

Durante o verão, a umidade relativa apresentou as menores médias no tratamento com árvores na condição sombreada, em comparação ao PSA. Segundo Karvatte Jr. (2019), as árvores em meio a sistemas pastoris modificam o microclima do local onde estão implantadas, reduzindo a incidência de radiação solar direta, e em consequência diminuindo a taxa de evapotranspiração. Martins et al (2020) encontraram resultado semelhante, onde a UR foi ligeiramente menor na sombra natural do que a pleno sol no verão.

Os valores de umidade no verão ficaram acima do recomendado (81,07 a 87,85%), pois a faixa ideal de UR para vacas leiteiras situa-se entre 40 e 80% (MANZLOOR et al., 2019). A constatação de valores de umidade relativa do ar acima de 80%, conforme evidenciado no presente estudo, indica a possível ocorrência de episódios de estresse térmico aos animais. Em momentos de umidade alta os animais recorrem a mecanismos de termorregulação para regular a temperatura corporal, como as trocas latentes. Essa condição não apenas dificulta a manutenção do bem-estar animal, mas também implica em aumento dos gastos energéticos (PILATTI e VIEIRA, 2017)

No verão, no PSA os valores médios de ITU apontaram para um estresse severo (acima de 80), enquanto no PCA na condição ensolarada o ITU foi de 78,92, considerado estresse alto. No entanto o PCA, a condição sombreada, apresentou uma diminuição do ITU em 6,46% em relação ao PSA, indicando um ambiente de estresse moderado. A presença da sombra das arvores acarreta redução do ITU, auxiliando para que os animais se protejam do estresse térmico. Vieira et al., (2020) identificaram valores médios de 75 no sistema sem árvores, classificado como alerta para novilhas leiteiras e normal no sistema com árvores (ITU igual a 72).

No verão, o PSA apresentou valor médio de ITGU igual a 84, ambiente considerado de emergência para os animais. Já no PCA, na condição sombreada, houve uma diminuição em 8,86% em relação ao PSA, apontando para um estado de alerta. Mesmo no PCA na condição ensolarada, houve uma redução do ITGU em comparação ao PSA. Altos valores de ITGU podem ser registrados em SSPs, mas uma vantagem desse sistema é que, ao contrário da pastagem sem árvores, eles

também fornecem áreas com menores valores de ITGU (áreas sombreadas), dando aos animais a oportunidade de lidar e reduzir seu desconforto térmico (DENIZ et al., 2021).

A presença de sombra influenciou as variáveis microclimáticas e índices de conforto térmico no outono ($p < 0,05$ – Tabela 5). As menores médias de T, TGN, UR %, ITU e ITGU foram detectadas no pasto com árvores, em comparação ao PSA. Mesmo no pasto com árvores, na condição ensolarada, as árvores influenciariam as médias de T e ITGU, onde também se mostraram menores, em comparação ao PSA ($p < 0,05$).

Tabela 5 - Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no outono.

2º Ciclo – Outono					
Sistema	PCA				PSA
Condição	Sombra		Sol		Sol
	Média	p-valor	Média	p-valor	Média
T (°C)	12,99	<0,001	13,76	<0,001	14,51
TGN (°C)	13,44	<0,001	15,09	0,535	15,67
UR (%)	70,70	<0,001	87,78	0,535	87,98
ITU	58,44	<0,001	59,28	0,535	59,47
ITGU	59,52	<0,001	58,62	<0,001	61,05

Variáveis microclimáticas com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

No outono, nas três condições avaliadas, as temperaturas se mostraram dentro da faixa ideal para bovinos de leite. Ainda assim, a sombra das árvores propiciou uma redução média de 1,52 °C da temperatura do ar e 2,23 °C da temperatura de globo negro, em comparação ao PSA. A presença de sombra favorece um microclima mais ameno, conforme observado por Pezzopane et al.

(2019). No pasto com árvores, na condição ensolarada, a T °C se mostrou em média 0,75 °C menor, em comparação ao PSA.

No outono, a presença da sombra das árvores reduziu em média 17% a UR, em comparação ao pasto sem árvores, possibilitando ao animais se manterem em ambiente dentro da faixa ideal (40 a 80%). No entanto, no PCA na condição ensolarada e no PSA, as médias de UR % se mostraram acima da faixa ideal (> 80%). Estes resultados evidenciam a importância das árvores mesmo em estações consideradas frias, como recurso na mudança do microclima, o que pode criar ambientes de melhor conforto térmico. Em contraste, Diniz (2018) encontrou as maiores médias de UR no pasto com árvores, no outono. Neto (2020) também encontrou as maiores médias de UR na sombra em comparação ao pasto sem árvores.

As médias de ITU, nos três tratamentos avaliados (PCA sombra, PCA sol e PSA), se apresentaram abaixo de 68, ou seja, nessa estação, havia um ambiente seguro para os animais. Todavia a presença da sombra das árvores reduziu em 1,03 unidades o ITU, em comparação ao pasto sem árvores. Oliveira et al. (2018) registraram uma melhora de até 2,4% no ITU em sistema com árvores, quando comparado com sistemas sem árvores.

Segundo Baêta e Souza (2010), o ITGU é classificado como: conforto (até 74), alerta (74 a 79), perigo (79 a 84) e emergência (acima de 84) para bovinos de origem européia. Considerando esta classificação, os valores de ITGU no PCA e PSA ficaram abaixo de 74, ou seja, um ambiente térmico confortável para os animais. Ainda assim, a presença da sombra das árvores possibilitou uma redução de 1,53 pontos em média. Através desse índice (ITGU), Souza et al. (2010) constataram que o ambiente sombreado foi considerado de conforto. Já o ambiente com exposição à radiação solar direta foi considerado como estresse perigoso. Isso demonstra a importância das árvores no conforto térmico dos animais.

Conforme mostrado na Tabela 6, a presença de sombra influenciou ($p < 0,05$) as variáveis microclimáticas e índices de conforto térmico no inverno. As menores médias de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa, ITU e ITGU, foram detectadas no pasto com árvores, em comparação ao PSA. E mesmo no pasto com árvores, na condição ensolarada, as árvores influenciaram ($p < 0,05$) as variáveis de TGN, ITU e ITGU, onde também se mostraram menores, em comparação ao PSA.

Tabela 6 - Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa do ar (UR,%), índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no inverno.

3º Ciclo – Inverno					
Sistema	PCA		PCA		PSA
Condição	Sombra		Sol		Sol
	Média	p-valor	Média	p-valor	Média
T (°C)	18,40	<0,001	20,23	0,535	20,39
TGN (°C)	17,07	<0,001	18,71	<0,001	20,48
UR (%)	91,67	<0,001	96,27	0,535	96,42
ITU	66,14	<0,001	68,97	<0,001	69,18
ITGU	64,33	<0,001	67,07	<0,001	68,73

Variáveis microclimáticas com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

No inverno, nas três condições avaliadas, as temperaturas se mostraram dentro da faixa ideal para bovinos de leite. A sombra das árvores possibilitou uma diminuição de 1,99 °C em média da temperatura do ar, em comparação ao PSA. E mesmo no pasto com árvores, na condição ensolarada, também houve uma diminuição da TGN. A sombra das árvores também possibilitou uma diminuição de 3,41 °C em média da temperatura de globo negro. Segundo Karvatte Junior et al., (2016), a introdução de árvores em pastagens, em densidade adequada, atua como proteção contra a carga térmica radiante, uma vez que as árvores interceptam a irradiância solar direta. Isto destaca a importância das árvores nos sistemas para o bem estar dos animais mesmo nas estações consideradas mais frias.

As médias de umidade relativa se mostraram 4,25% menores no pasto com árvores, na condição sombreada. Em pesquisa realizada durante o inverno por Sousa et al. (2021), foi encontrado resultado semelhante, onde a umidade relativa foi menor no pasto com árvores em comparação ao pasto sem árvores (58,1 e 64,3%, respectivamente). Nas regiões subtropicais, a velocidade do vento desempenha um

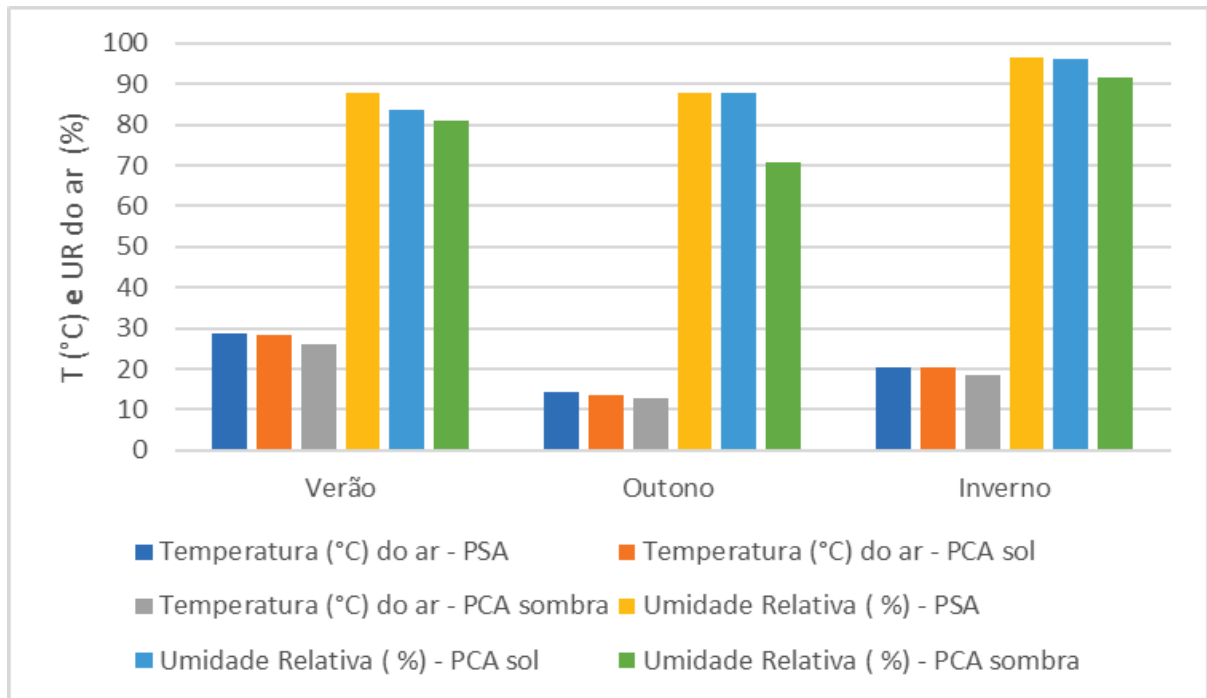
papel crucial na dissipação de calor dos animais por meio de processos convectivos. No entanto, esse efeito pode ser contraposto pelos níveis elevados de umidade, que reduzem a dissipação de calor do corpo por meio de mecanismos evaporativos. O resfriamento evaporativo é a principal forma de perda de calor quando a temperatura ambiente excede a temperatura corporal, e esse processo se torna mais eficiente quando a umidade relativa é baixa (RENAUDEAU et al., 2012).

Em relação ao ITU, o PCA na condição ensolarada e PSA indicaram um ambiente de estresse leve. Entretanto, o PCA na condição sombreada possibilitou aos animais permanecerem em um ambiente considerado sem estresse. Karvatte et al. (2016) verificaram ao comparar pasto com árvores com pasto sem árvores, que no sistema sob influência das árvores foram registradas as menores médias de ITU (79) em todas as estações. Em contrapartida os maiores valores de ITU foram obtidos no pleno sol (88; 85 e 83), demonstrando que a presença de árvores nas pastagens acarreta a redução do ITU, quando comparadas a áreas a pleno sol.

Quanto ao ITGU, nos três tratamentos avaliados, as médias se mostraram abaixo de 74, o que indica que o ambiente térmico não resultava em estresse aos animais. Ainda assim, a sombra das árvores se mostrou eficiente em reduzir em 4,4 unidades em média, em comparação ao PSA. Pezzopane et al. (2019) avaliaram diferentes arranjos de sistemas silvipastoris na região tropical e identificaram que a presença de árvores nos sistemas promoveu maior conforto térmico, proporcionando valores mais baixos de ITGU.

As médias de temperatura do ar e umidade relativa, nas três estações avaliadas são mostradas na Figura 3.

FIGURA 3 – VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR (T, °C), UMIDADE RELATIVA DO AR (UR, %) NO PCA SOMBRA, PCA SOL E PSA NO VERÃO, OUTONO E INVERNO



FONTE: Próprio Autor (2023)

Pode se observar que o PCA na condição sombra obteve os menores valores médios de temperatura do ar (°C) e umidade relativa (UR %), em comparação ao PSA nas três estações avaliadas. A maior variação de umidade relativa (UR %) entre o PSA e PCA sombra, foi observada no outono, sendo essa diferença de 17,28 %.

3.3.3 Comportamentos

3.3.3.1 Comportamentos Instantâneos

Pode ser observado que a sombra das árvores influenciou ($p < 0,05$) o comportamento de ócio e ruminação, sendo as maiores médias de frequência observadas no pasto com árvores (Tabela 7).

Tabela 7 – Frequência (%) dos comportamentos instantaneos nos dois tratamentos (PSA e PCA), durante o verão.

1º Ciclo – Verão		
Comportamentos	PSA	PCA

	Freq (%)	Freq (%)	p-valor
Pastejo	49,20	53,40	0,05
Ócio em pé	12,50	7,70	<0,001
Ócio deitado	9,30	8,90	0,582
Ruminação em pé	10,60	18,40	<0,001
Ruminação deitado	15,70	8,10	<0,001
Outros	2,70	3,50	0.241

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

No verão o ócio em pé e deitado foram maiores no PSA no verão em comparação ao PCA, o que pode ter ocorrido em razão de sob estresse térmico, os bovinos tendem a fazer mudanças em seu comportamento para reduzir a produção de calor, diminuindo o tempo de pastejo e aumentando o tempo de descanso (BORGES et al., 2012). Bovinos a pasto utilizam uma série de comportamentos adaptativos para reduzir a carga de calor do ambiente, permanecendo maior tempo em ócio ou executando atividades em pé (OLIVEIRA et al., 2021).

Foi observada maior frequência de ruminação em pé no PCA em comparação ao PSA. Resultado semelhante foi encontrado por De Souza (2010), no qual a frequência de animais ruminando foi maior no sistema com árvores (3,58%), em relação ao sistema sem árvores. O comportamento em pé para ruminação e ócio é geralmente adotado pelos animais para aumentar a área de superfície disponível para troca de calor e dissipar calor através da pele via vasodilatação periférica. Como as vacas geralmente preferem realizar ruminação e repouso deitado, esta modificação pode indicar desconforto térmico (SKONIESKI et al., 2021). Quando esse mesmo comportamento era realizado deitado, a frequência maior foi observada no PSA, em comparação ao PCA. Segundo Broom e Fraser (2010), os bovinos apresentam preferência em ruminar na posição deitado, entretanto, as condições climáticas influenciam esse comportamento.

Pode ser observado que a sombra das árvores influenciou ($p < 0,05$) o comportamento de pastejo, ócio e 'outros', sendo pastejo 10,21% maior no PSA, e ócio e outros, maiores no PCA (Tabela 8).

Tabela 8 – Frequência (%) dos comportamentos instantâneos nos dois tratamentos (PSA e PCA) durante o outono.

2º Ciclo – Outono			
Comportamentos	PSA	PCA	p-valor
	Freq (%)	Freq (%)	
Pastejo	78,31	68,10	0,001
Ócio	7,24	15,13	<0,001
Ócio em pé	1,81	6,57	<0,001
Ócio deitado	5,43	8,56	<0,001
Ruminação	12,53	13,78	0,274
Ruminação em pé	3,73	4,23	0,274
Ruminação deitado	8,80	9,55	0,274
Outros	1,92	2,99	0,01
Total	100	100	-

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

No outono, as maiores frequências de pastejo foram observadas no PSA. Nessa estação, as médias de temperatura se mostraram mais próximas da temperatura crítica inferior para os bovinos (4 °C). Segundo Kang et al. (2020), em baixas temperaturas os bovinos adotam estratégias comportamentais, como aumentar a ingestão de alimentos, na tentativa de manter sua homeostase. Animais que enfrentam condições desfavoráveis de baixas temperaturas tendem a aumentar seu consumo de alimentos, apresentando uma taxa de crescimento reduzida e níveis de produtividade mais baixos. Isso ocorre devido à alocação de energia necessária para manter a temperatura corporal (YOUNG et al., 1981).

Nessa estação, a presença das árvores influenciou nas maiores frequências de ócio (em pé e deitado), e ‘outros’ em comparação ao PSA. O que pode ter ocorrido em razão de no PSA o tempo que seria gasto nesses comportamentos, estava sendo utilizado para o pastejo, na tentativa de ganhar calor. O que indica a

importância da presença das árvores, mesmo nas estações frias, para um melhor conforto térmico dos animais. Nessa estação, a ruminação (em pé e deitada) não foi afetada pela sombra das árvores. Deniz et al. (2023) identificaram que não há diferença nos comportamentos ruminação (ruminação em pé ou deitado) entre os sistemas silvipastoris e pasto sem árvores.

Pode ser observado que a sombra das árvores influenciou ($p < 0,05$) os comportamentos de pastejo, ócio, ruminação em pé e 'outros', sendo pastejo maior no PCA, e ruminação em pé, ócio, ócio deitado e outros, maiores no PSA (Tabela 9).

Tabela 9 – Frequência (%) dos comportamentos instantâneos nos dois tratamentos (PSA e PCA) durante o inverno.

3º Ciclo – Inverno			
Comportamentos	PSA	PCA	p-valor
	Freq (%)	Freq (%)	
Pastejo	66,47	76,14	0,001
Ócio	12,95	6,4	<0,001
Ócio em pé	4,27	4,07	0,581
Ócio deitado	8,68	2,33	<0,001
Ruminação	15,03	13,74	0,582
Ruminação em pé	4,61	2,98	0,004
Ruminação deitado	10,42	10,76	0,731
Outros	5,56	3,72	0,005
Total	100	100	--

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

No inverno, foi observada 9,67% em média maior frequência de pastejo no PCA em comparação ao PSA. Nessa estação, no PSA, o ITU apontou para um ambiente de stress leve, o que pode indicar que os animais diminuíram a ingestão de alimentos no PSA como uma forma de lidar com o estresse térmico. Wheelock et

al. (2010) constataram uma redução de 30% na ingestão de matéria seca em animais expostos a condições de estresse térmico. De Sousa et al. (2021) verificaram resultado semelhante, onde no inverno, a frequência de pastejo foi 7,3% maior no pasto com árvores em comparação ao pasto sem árvores. Enquanto o ócio deitado foi mais frequente no PSA. Em experimento, de Sousa et al. (2021) identificaram que no inverno, o ócio deitado também foi mais frequente no pasto sem árvores. A ruminação em pé foi em média 1,63% mais frequente no PSA.

Pode ser observado que a presença da sombra das árvores influenciou a condição em que os animais realizavam os comportamentos de pastejo, ócio e ruminação. A frequência do comportamento pastejo foi em média 17,24% maior na condição ensolarada ($p < 0,05$). Pode-se observar que, quando os comportamentos ócio e ruminação eram realizados em pé, as frequências foram maiores na sombra, no entanto, quando esses mesmos comportamentos eram realizados deitados, a frequência foi maior no pleno sol (Tabela 10).

Tabela 10 - Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no verão.

1º Ciclo – Verão			
Comportamentos	Sombra	Sol	p-valor
	Freq (%)	Freq (%)	
Pastejo	14,70	31,94	<0,001
Ócio	10,36	8,33	0,582
Ócio em pé	7,06	1,85	<0,001
Ócio deitado	3,30	6,48	0,582
Ruminação	20,72	10,36	<0,001
Ruminação em pé	16,78	3,99	<0,001
Ruminação deitado	3,94	6,37	<0,001
Outros	1,68	1,91	0,241

Total	47,46	52,54	100
-------	-------	-------	-----

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa da condição sombra em comparação a condição sol no PCA pelo Modelo Linear Generalizado.

No verão, a frequência do comportamento pastejo foi maior na condição ensolarada. Quando disponíveis sombras de árvores nos piquetes, os bovinos leiteiros têm a tendência de optar por pastoreio em áreas sombreadas, no entanto, podem priorizar a importância do pastejo em detrimento da necessidade de sombra (DENIZ et al., 2018). Vizotto et al. (2015) identificaram resultados semelhantes, onde o pastoreio foi realizado principalmente na parte ensolarada do piquete, e que esses animais passaram em média 85% de seu tempo de pastejo exposto ao sol (VIZOTTO et al., 2015). Em contrapartida Oliveira et al. (2021), registraram aumento da atividade de pastejo na sombra (50% maior), quando o sistema possuía árvores no verão.

A frequência do comportamento ócio em pé foi maior na sombra. Deniz (2020) também identificou em seu experimento, que os animais passaram mais tempo em ócio em pé em áreas sombreadas. Segundo Oliveira (2021), os bovinos descansam por mais tempo em pé para facilitar a termorregulação usando processos convectivos maximizando o corpo à exposição ao fluxo de ar. A frequência de ruminação em pé foi maior na sombra. Segundo Domiciano et al. (2018), bovinos preferem ruminar na sombra, e tal comportamento pode ser explicado pela necessidade de minimizar o uso de energia necessária para termorregulação. No entanto quando a ruminação foi realizada deitada, foi maior no sol.

Pode ser observado que a presença da sombra das árvores influenciou a condição em que os animais realizavam os comportamentos de pastejo, ócio, ruminação e outros. A frequência do comportamento pastejo foi em média 30% maior na condição ensolarada ($p < 0,05$ – Tabela 11).

Tabela 11 - Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no outono.

Comportamentos	Sombra	Sol	p-valor
	Freq (%)	Freq (%)	
Pastejo	19,55	48,56	<0,001
Ócio	5,92	9,21	0,005
Ócio em pé	4,03	2,54	0,007
Ócio deitado	1,89	6,67	<0,001
Ruminação	4,73	9,06	<0,001
Ruminação em pé	2,09	2,14	0,596
Ruminação deitado	2,64	6,92	<0,001
Outros	1,14	1,84	0,05
Total	31,34	68,67	100

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa da condição sombra em comparação a condição sol no PCA pelo Modelo Linear Generalizado.

No outono, todos os comportamentos, exceto ócio em pé, foram mais frequentes no sol em comparação à sombra. Quando observada média da soma dos comportamentos, os animais realizaram comportamentos 37,33% a mais no sol em comparação à sombra. Lopes et al. (2015), ao analisarem a localização dos animais no piquete, observou que os animais permaneceram expostos ao sol por um período maior em comparação à sombra, representando 52,6% do tempo contra 77,6%. Em contraste, Ferreira et al. (2014), ao investigarem as respostas comportamentais de bovinos leiteiros mestiços submetidos a diferentes níveis de sombreamento e disponibilidade de sombra, observaram que os animais passaram até 57% do seu tempo nos piquetes procurando abrigo na sombra. O ócio e ruminação deitados foram maiores no sol, o que pode ter ocorrido como um mecanismo para não perder calor, pois no sol, a temperatura do solo é maior, em comparação à sombra.

Pode ser observado que a presença da sombra das árvores influenciou a condição em que os animais realizavam os comportamentos de pastejo, ócio e ruminação. A frequência do comportamento pastejo foi em média 36% maior na condição ensolarada ($p < 0,05$ – Tabela 12).

Tabela 12 - Efeito das condições (sombra e sol) no tratamento pasto com árvores (PCA) sobre os comportamentos: pastejando, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé, ruminação deitado e outros, no inverno.

3º Ciclo – Inverno			
Comportamentos	Sombra	Sol	p-valor
	Freq (%)	Freq (%)	
Pastejo	19,59	56,55	<0,001
Ócio	1,94	4,49	<0,001
Ócio em pé	1,69	2,38	<0,001
Ócio deitado	0,25	2,08	<0,001
Ruminação	5,85	7,89	<0,001
Ruminação em pé	1,93	1,04	0,02
Ruminação deitado	3,92	6,85	<0,001
Outros	1,84	1,88	0,905
Total	29,22	70,78	100

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa da condição sombra em comparação a condição sol no PCA pelo Modelo Linear Generalizado.

No inverno a frequência de pastejo foi e média 36,96% maior no sol. Em experimento, de Sousa et al. (2021), identificaram que no inverno a frequência de pastejo no pasto com árvores foi maior no sol em comparação à sombra (39,7 e 35,3%, respectivamente). O ócio em pé e deitado foram maiores no sol. Quando a ruminação era realizado em pé, a frequência foi maior na sombra, provavelmente para aumentar as perdas convectivas. Schütz et al. (2009) mostraram que vacas leiteiras em lactação no inverno preferiam ficar em pé à sombra, em vez de deitar ao sol, indicando que a sombra é um recurso valorizado. Resultado semelhante foi encontrado por Vizzotto (2015), onde as vacas preferiram ruminar em pé em comparação com ruminando deitado (87,8; 46,9 minutos, respectivamente) quando estavam na parte sombreada do piquete no inverno.

Quando o ócio e ruminção foram realizados deitados, a frequência foi maior no sol. Resultado semelhante foi encontrado por Deniz et al. (2021), onde no inverno as vacas passaram mais tempo deitadas em áreas ensolaradas, o que pode indicar uma tentativa de ganhar calor. Deitar é um importante fator comportamental e indicador de bem-estar (TUCKER et al., 2020), que pode ser influenciado por fatores ambientais, como precipitação, radiação solar, velocidade do ar e temperatura da superfície do solo. Deitar em áreas ensolaradas durante o inverno pode ser uma tentativa das vacas evitarem a perda de calor por condução, uma vez que a temperatura do solo é menor em áreas sombreadas (De SOUSA et al., 2021). No entanto, os efeitos da temperatura do solo na troca de calor no comportamento de vacas leiteiras criadas a pasto ainda tem sido pouco explorado (THOMPSON et al., 2019).

3.3.3.2 Comportamento Contínuo

A ingestão de água em cada tratamento (PCA e PSA) durante as estações avaliadas é mostrada na Tabela 13.

Tabela 13 – Média de eventos do comportamento contínuo ‘ingestão de água’ nos tratamentos PCA e PSA durante todo o experimento.

Ingestão Água	Tratamentos		
	PCA	PSA	p-valor
	Eventos	Eventos	
Verão	12,7	16	<0,001
Outono	12,5	14,75	<0,001
Inverno	16	16,75	0,596

Variáveis comportamentais com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do PCA em comparação ao PSA pelo Modelo Linear Generalizado.

Os maiores números de idas ao bebedouro de água foram observados no PSA em comparação ao PCA no verão e outono. Segundo Karvatte Junior et al.

(2020), os animais aumentam a ingestão de água para favorecer a perda de calor corporal. Em experimento, os mesmos autores observaram que no verão, os animais no pasto sem árvores ingeriram 31% mais água em comparação ao SSP. Segundo Pouloupoulou (2019), estas atividades são utilizadas pelos animais em dias de elevado estresse térmico como mecanismo para evitar a desidratação pela dissipação de calor por meios evaporativos (COLLIER e GEBREMEDHIN, 2015).

Quando o ambiente ultrapassa o limiar de conforto térmico, vacas leiteiras sem acesso à sombra frequentam mais vezes o bebedouro do que vacas no sistema silvipastoril (De SOUSA et al., 2021). Em ambientes com sombreamento adequado, onde os animais não são expostos diretamente à radiação solar, a ingestão hídrica tende a ser menor (SCHÜTZ et al., 2010). Segundo Wheelock (2010), animais que estão sob estresse térmico apresentam alterações evidentes em seu comportamento, buscando mais vezes por água. Nesse contexto, o microclima mais ameno proporcionado pela sombra das árvores no pasto com árvores, pode ser responsável por reduzir o número de frequência da busca por água, demonstrando a importância do sombreamento para os animais.

3.3.4 Comportamento de rejeição ao pastejo relativa às fezes depositadas

Foi verificada diferença ($p < 0, 05$) entre os tratamentos aos 90 e 180 dias, sendo observada maior distância de rejeição no PCA em comparação ao PSA (Tabela 14).

Tabela 14 – Distância de rejeição do pastejo às fezes depositadas, no PCA e PSA, após 30, 60, 90 e 180 dias.

Dias	PCA	PSA	p-valor
	Média (cm)	Média (cm)	
30	53,30 ^a	54,28 ^a	0,641
60	23,30 ^a	24,87 ^a	0,242
90	19,88 ^a	15,81 ^b	<0,001

180

14,48^a12,31^b

0,05

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pode-se observar que a distância da rejeição do pastejo adjacentes às fezes aos 30 dias, foi três vezes maior em comparação ao tamanho do diâmetro dos bolos fecais. Rosa et al. (2002), verificaram que a área sujeita à rejeição pelos animais devido às fezes pode ser de 5 a 12 vezes maior do que a porção coberta por ela. Santos et al. (2012), identificaram que a frequência de desfolha foi 40% menor ($p < 0,05$) no local de pastagem próximo às fezes, em relação ao local distante.

A distância da rejeição diminui em média 50% aos 60 dias, em relação ao intervalo de 30 dias. Esse resultado pode ter ocorrido em razão do odor das fezes que tende a ser mais acentuado logo após seu lançamento no pasto (SANTOS et al., 2012). Os bovinos utilizam os sentidos para sua comunicação e, por consequência, o seu comportamento dependerá de suas percepções sensoriais como visão, audição, olfato e tato (ADAMCZYK et al., 2013). O que indica que esse comportamento de rejeição pode ter ocorrido em razão do odor das fezes nas forrageiras próximas a elas. Segundo Santos et al. (2012), esses fatores resultam na menor remoção de tecido vegetal das forrageiras, e diminui a eficiência do pasto e, portanto, aumenta perda de forragem.

Aos 90 e 180 dias a distância da rejeição se mostrou maior no pasto com árvores, em comparação ao PSA. O que pode ter acontecido em razão da presença da sombra das árvores interceptarem a radiação solar, consequentemente há uma temperatura mais baixa do solo nessas áreas, o que pode ter levado a um desaparecimento mais lento dos bolos fecais no PCA e em consequência, uma maior rejeição, quando comparado ao pasto sem árvores.

Neste estudo, não foi observada influência da sombra das árvores na dinâmica de decomposição dos bolos fecais. A correlação entre tempo e diminuição do diâmetro dos bolos fecais foi significativa ($r=-0,89$ e $p<0,001$), ou seja, houve uma diminuição contínua do diâmetro do bolo fecal ao longo do período de observação. Houve uma diminuição de 25% em média do diâmetro dos bolos fecais nos primeiros 30 dias. De acordo com Paranhos da Costa et al. (1992), o período de desintegração de uma placa de fezes pode variar muito, de 1 a 231 dias, sendo que metade delas (49,3%) desintegram-se em até 30 dias.

Para identificar a relação entre a distância da rejeição, no tempo, no PCA e PSA, foi realizada regressão linear por partes (Figura 4). As variáveis responderam de formas diferentes em cada tratamento (PSA e PCA), assim para o PCA foram observadas as seguintes equações:

$$y = 83,3 - 1(x), \quad x \leq 61,72$$

$$y = 83,3 - 1 * (61,72) + (-1+0,939)(x-61,72), \quad x > 61,72$$

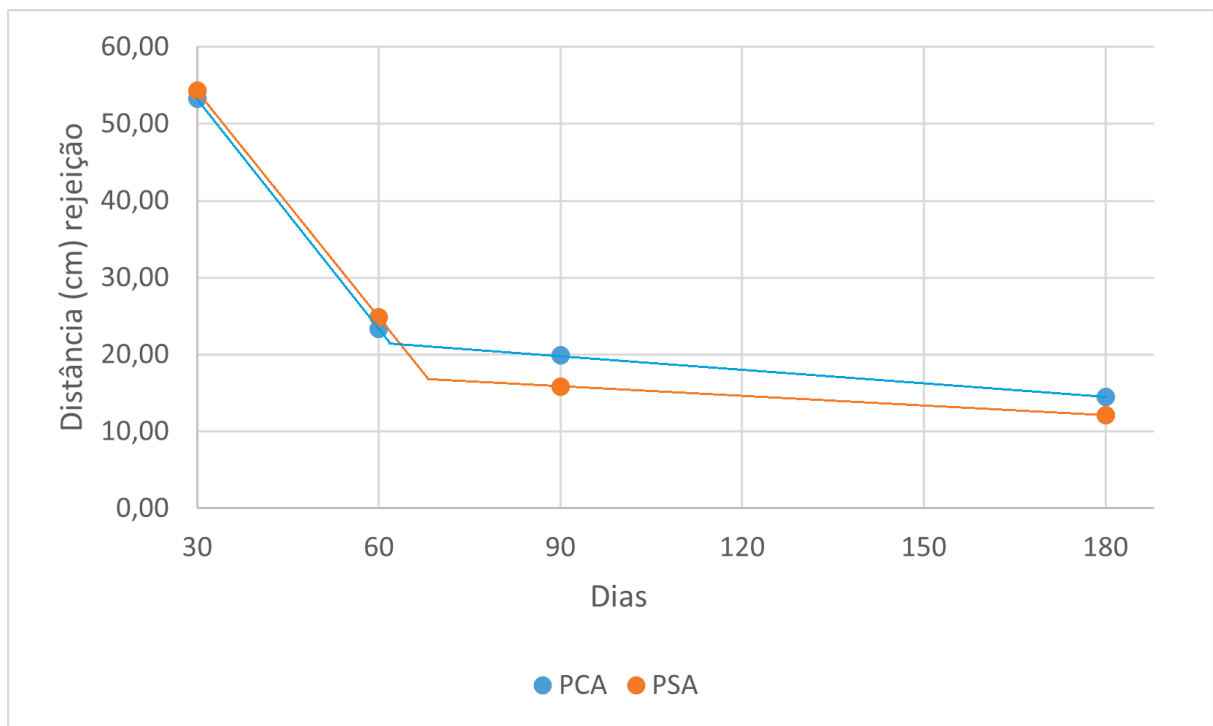
Enquanto para o PSA, foi observada as seguintes equações:

$$y = 83,7 - 0,98056(x), \quad x \leq 68,32$$

$$y = 83,3 - 0,98056 * (68,32) + (-0,98056 + 0,939)(x - 68,32), \quad x > 68,32$$

Na Figura 4 estão demonstradas as análises de regressão por partes no PCA e PSA aos 30, 60, 90 e 180 dias.

FIGURA 4 – VALORES MÉDIOS DA DISTÂNCIA (CM) DA REJEIÇÃO DO PASTEJO EM RELAÇÃO ÀS FEZES DEPOSITAS, NO PCA E PSA, APÓS 30, 60, 90 E 180 DIAS.



FONTE: Próprio autor (2023).

Pode-se observar que a distância da rejeição das forrageiras em relação às fezes, teve uma tendência a diminuir ao longo do tempo. Segundo Carvalho et al., (2016) essa rejeição inicialmente se dá pelo odor e posteriormente o alto crescimento do pasto próximo das fezes pode aumentar a percentagem de colmo em comparação à de folhas. Em estudo, os mesmos autores identificaram que as taxas de crescimento de folha do capim-marandu foram maiores no local próximo do que no local distante das fezes. Santos et al. (2014) identificaram que as menores taxa de desfolhação ocorreram nos locais do pasto próximos das fezes, principalmente daquelas recentemente depositadas. Massa (1989) identificou maior rejeição pela forragem próxima às placas novas em comparação à forragem próxima de placas mais velhas.

No PCA, até os 60 dias houve a diminuição de um centímetro por dia de comprimento de rejeição das forrageiras em relação às fezes. Após os 60 dias, a redução da rejeição ocorreu de forma mais lenta, permanecendo linear até o intervalo de 180 dias. No entanto, no PSA essa redução de forma mais rápida da rejeição ocorreu até os 68 dias, e após, também se mostrou mais lenta. Essa dinâmica de uma diminuição mais lenta da rejeição foi identificada na 'estação seca', que ocorre de abril a setembro e é também quando houve uma diminuição da média da precipitação pluvial e dos valores médios de temperatura do ar, segundo dados coletados pela Estação de Meteorologia SIMEPAR (Anexo 1).

3.5 CONCLUSÕES

A presença da sombra de árvores, em um sistema de pastagens agroecológico, influencia o microclima com menores valores de temperatura do ar, temperatura de globo negro e umidade relativa, em comparação à pastagem sem árvores. As mudanças no microclima promovem melhores condições de conforto térmico, o que possibilita aos animais pastejarem por mais tempo no verão e inverno, permanecerem menos tempo em ócio e frequentarem menos vezes o bebedouro no verão e outono. A rejeição do pastejo em relação às fezes diminui ao longo do tempo, porém é maior em pastagens com árvores após 90 e 180 dias.

3.6 REFERÊNCIAS

ALONSO, M. E.; GONZÁLEZ, J. R.; LOMILLOS, J. M. Consumers' Concerns and Perceptions of Farm Animal Welfare. **Animals (Basel)**, v. 10 p. 385, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10030385>

ALTIERI, M. B. Agroecology: The science of sustainable agriculture. **CRC Press: Boca Raton**, p. 433, 2018.

ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, v. 49, p. 223-265, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1163/156853974X00534>

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 728, 2013. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)

ARMSTRONG D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2050, 1994. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6)

De ARAÚJO, R. A. et al. Grazing behavior and spatial distribution of feces of young bulls in silvopastoral systems and Marandu monoculture in the Pre-Amazon region. **Animal Sciences**, v. 39, p. 90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.33085>

BECKER C. A; STONE A. E. Graduate student literature review: heat abatement strategies used to reduce negative effects of heat stress in dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 103, p. 9675, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18536>

BOOGAARD, B. K. et al. Visiting a farm: an exploratory study of the social construction of animal farming in Norway and The Netherlands based on sensory perception. **The International Journal of Sociology of Agriculture and Food**, v. 17 p. 43, 2010. DOI: <https://doi.org/10.48416/ijsaf.v17i1.266>

BORGES, C. R. D. A. et al. Heterogeneous genetic cows of three genetic groups in feedlot system in the state of Pernambuco, Brazil. **Animal Sciences**, v. 34, p. 96, 2012. DOI: [10.4025/actascianimsci.v34i1.11306.2012](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i1.11306.2012)

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P.C. Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, p. 20, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180425>.

CAMPBELL, N. A.; ARNOLD G. W. The visual assessment of pasture yield. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 3, p. 263, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9730263>.

CARDOSO, C. S.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HOTZEL, M. J. Views of dairy farmers, agricultural advisors, and lay citizens on the ideal dairy farm. **Journal Dairy Science**. v. 102, p. 1–11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14688>.

CASTAGNA, A. A.; ARONOVICH, M.; RODRIGUES, E. Pastoreio Racional Voisin: Manejo Agroecológico de Pastagens. **Niterói: Programa Rio Rural**, p. 35, 2008

CASTILLO, M. S.; TIEZZI, F.; FRANZLUEBBERS, A. J. Tree species effects on understory forage productivity and microclimate in a silvopasture of the Southeastern USA. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 295, e. 106917, p. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j>.

CHARÁ, J. et al. Silvopastoral systems and their contribution to improved resource use and sustainable development goals: evidence from Latin America. **FAO, CIPAV and Agri Benchmark**, Cali, p. 60, 2019.

COIMBRA, P. A. D.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOTZEL, M. J. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. **Appl. Anim. Behav. Sci.** v. 139, p. 182, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.

DENIZ M. et al. A systematic review of the effects of silvopastoral system on thermal environment and dairy cows' behavioral and physiological responses. **Int J Biometeorology**. v. 67, p. 409-422, 2023. DOI: 10.1007/s00484-023-02431-5.

DENIZ M. et al. Classification of environmental factors potentially motivating for dairy cows to access shade. **Journal of Dairy Research**, v. 88, p. 274-277, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029921000509>

DENIZ, M. et al. Microclimate and pasture area preferences by dairy cows under high biodiversity silvopastoral system in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 1877-1887, 2020. DOI: doi.org/10.1007/s00484-020-01975-0

DENIZ, M. Microclima e comportamento animal em sistema silvipastoril com núcleos. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, p. 114, 2018

DOMICIANO, L. F. et al. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Anim. Prod. Sci.** v. 58, p. 920–929, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN16351>.

DU PREEZ, J. H. et al. Heat stress in dairy cattle under southern African conditions. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **The Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 183-187, 1990.

FAÇANHA D. et al. Produção de leite e respostas fisiológicas de vacas da raça Holandesa em ambiente quente. **Rev Acta Veter Bras**, v. 10, p. 208–215, 2016.

GIRO, A. et al. Behaviour and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. **Sci. Total Environ.** v. 684, p. 587–596, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.377>.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. **Porto Alegre: Editora da UFRGS**, p. 653, 2005

OLIVEIRA, C. de O. et al. Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 240, ed. 105360, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105360>.

KARVATTE Jr. N. et al. Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems. **Journal of Thermal Biology**, v. 97, ed. 10287, p. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102871>

KARVATTE Jr. N. et al. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International journal of biometeorology**, v. 60, p. 1933-1941, 2016

KUMAR, G. et al. Impact of thermal stress on milk production, composition, and fatty acid profile in dairy cows: A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, p. 1278-1283, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13799>

LEME, T. M. S. P. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 668–675, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000300023>

LOPES, L. B. et al. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Trop Anim Health Prod**, v. 48, p. 755–761, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1021-x>

DARNET, L. A. et al. Pecuária bovina e agroecologia em perspectiva na Amazônia: reflexões sobre a pecuária leiteira familiar no estado do Pará. **Agroecologia: diálogos entre ciência e práxis em agroecossistemas familiares na Amazônia**, p. 232-260, 2022.

MANZOOR, A. et al. Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. **Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandy**, v. 4:01–05, 2019.

MARTINS, C.F. et al. Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Livest Sci**, v. 244, ed. 104341, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104341>

NORMING, M. M. et al. Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. **J Dairy Sci**, v. 91, p. 570–576, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0452>

MASSA, G. A. D. Aspectos do comportamento eliminatório (defecação e micção) em vacas holandesas em pastagens tropicais. **Monografia (Trabalho de Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal**, 1989.

PERI, P. L.; DUBE F.; VARELA A. C. Silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America: an overview. **Advances in Agroforestry**, v. 11, p. 8, 2016.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C. Environment, behavior, and welfare aspects of dairy cows reared in compost bedded pack barns system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 97–105, 2017. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v5n3p97-105.

PINHEIRO MACHADO, L. C. Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. – **Extensão Popular**, p. 376. 2010

POULOPOULOU, I.; LAMBERTZ, C.; GAULY, M. Are automated sensors a reliable tool to estimate behavioural activities in grazing beef cattle. **Appl. Anim. Behav. Sci.** v. 216, p. 1–5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.04.009>.

R Core Team. 2019. R: a Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.

RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, p. 707-728, 2012. DOI: 10.1017/S1751731111002448

DA ROSA, M. S. et al. Comportamento de vacas leiteiras: rejeição de forragem contaminada por fezes. **Sistemas de Produção**, p. 2, 2002

SANTOS NETO, C. F. et al. Microclimate and animal thermal comfort indexes in different silvopastoral system arrangements in Caatinga. **International Journal of Biometeorology**, v. 66, p. 449-456, 2022. DOI: 10.1007/s00484-021-02182-1

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. **J. Dairy Sci**, v. 97, p. 3599–3605, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7649>.

SCHÜTZ, K. E. et al. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **J. Dairy Sci**, v. 93, p. 125–133, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416>.

SCHÜTZ, K. E. et al. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. **Appl. Anim. Behav. Sci**, v. 116, p. 28–34, 2009.

SCHEMBERGUE, A. et al. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, p. 9-30, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>

SCHÜTZ, K. E. et al. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 125–133, 2010, DOI: doi.org/10.3168/jds.2009-2416

SCHMITT, A. et al. Integrating agroecology with payments for ecosystem services in Santa Catarina's Atlantic Forest. **Springer, Dordrecht**, p. 333-355, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5176-7_17.

SOUZA, A. et al. Um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul. **Revista de Estudos Ambientais**, v, 12, p. 15–25, 2010.

SOUZA, E. R. A inter-relação da oferta de água, sombra no comportamento ingestivo de bovinos leiteiros em pastejo. **Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Laranjeiras do Sul – PR**, p 66, 2017.

THOMPSON, A. J. et al. 2019. Lameness and lying behavior in grazing dairy cows. **J. Dairy Sci**, v. 102, p. 6373–6382. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15717>.

De SOUSA, K. T. et al. Influence of microclimate on dairy cows' behavior in three pasture systems during the winter in south Brazil. **Journal of Thermal Biology**, v. 97, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102873>

THOM, E.C. Cooling degrees - days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v. 55, p. 65-72, 1958.

WHEELLOCK, J. B. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 644–655, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>

Young, B. A. Cool stress as it affects animal production. **Journal Animal Science**, v. 52, p. 154–163, 1981. DOI: [10.2527/jas1981.521154x](https://doi.org/10.2527/jas1981.521154x)

4 REFERÊNCIAS

- ABREU, A. S. et al. Access to shade reduces DNA damage of Holstein cows under mild heat stress. **Animal Production Science**, v. 60, p. 1539–1546, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN19075>
- ALEXANDRE, G. F. et al. Livestock Farming Systems and Agroecology in the Tropics. Sustainable Agriculture Reviews: Agroecology and Global Change. Cham: **Springer International Publishing**. p. 83–115, 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-06016-3_4
- ALTIERI M. B. Agroecology: The science of sustainable agriculture. **CRC Press: Boca Raton**, p. 419, 2018.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. **International Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 47, p. 204-215, 2020.
- ANUÁRIO LEITE. **Embrapa Gado de Leite**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>>
- BAËTA, F.C. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity, and wind velocity in the warm season. **Thesis (PhD)**. F. 218. University of Missouri, Columbia, 1985.
- BARNABÉ, J. et al. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Agriambi**, v. 19, p. 481-488, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p481-488.
- BROOM, D. M.; GALINDO, A.; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280 p. 7-9, 2013. DOI: https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025open_in_new
- CAPORAL, F.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 2, p. 13-16, 2002.
- CARNEVALLI, R. A., et al. Shade controls the ruminating and idleness times of dairy heifers in tropical integrated systems. **Agroforestry System**, v. 94, p. 779–790, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00448-7>
- CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao sítio de pastejo: manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. **Simpósio de Forragicultura e pastagens**, p. 116-137, 2009.

COSTA, P. T. et al. Características comportamentais dos bovinos: Aspectos básicos, processo de aprendizagem e fatores que as afetam. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-16, 2017.

DENIZ, M. et al. A systematic review of the effects of silvopastoral system on thermal environment and dairy cows' behavioral and physiological responses. **International Journal of Biometeorology**, p. 1-14, 2023. DOI: 10.1007/s00484-023-02431-5.

GRANDIN, T. Grazing Cattle, Sheep, and Goats Are Important Parts of a Sustainable Agricultural Future. **Animals**, v. 12, n. 16, 2022.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. The Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report assesses the impacts of climate change, looking at ecosystems, biodiversity, and human communities at global and regional levels. **IPCC, Geneva, Switzerland**, p. 34, 2022.

KARVATTE JR. N. et al. Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems. *Journal of Thermal Biology*, v. 97, ed. 10287, p. 1-9, 2021.

De BARROS, H. N. et al. Atributos do solo e decomposição de fezes bovinas em sistemas silvipastoris. **Dissertação apresentada na Universidade Federal Rural de Pernambuco**, p. 129, 2014.

MACHADO, L. C. P. Pastoreio Racional Voisin. São Paulo, SP: **Expressão Popular**, 2010. 376 p.

PERISSINOTTO, M. et al. Thermal comfort on Subtropical and Mediterranean climate analyzing some physiological data through fuzzy theory. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1492–1498, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000094

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal Thermal Biology**, v. 79, p. 103–111, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.

PINHEIRO SOUSA, A. P. W.; SOUSA, A. W. P. P. Comportamento do componente forrageiro e conforto térmico em sistema silvipastoril. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36560/151120221619>

RENAUDEAU D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, p. 707–728. 2012. DOI: <https://doi.org/10.017/S1751731111002448>

REYES, L. A. et al. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. **Livestock Science**, v. 132, p. 48-52. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.04.020. 2010

RIVERA-HERRERA, J. E. et al. Intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: productive alternative in the tropic in view of the climate change. **Pastos y Forrajes**, v. 40, p. 171-183, 2017.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. **Fisiologia dos animais domésticos**, v. 12, p. 897-908, 2006.

ROSA, M. S.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; PÁSCOA, A. G. Comportamento de vacas leiteiras: rejeição de forragem contaminada por fezes. **Sistemas de Produção**, p. 2 2002.

SANTOS, M. R. et al. Interdependência entre os padrões de desfolhação e a morfogênese do capim-braquiária sob influência das fezes depositadas por bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, p. 1-10, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v15i1.13040>

SANTOS, M. E. R. et al. Características estruturais do pasto de capim-braquiária de acordo com a localização das fezes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2116-2124, 2014. DOI: 10.5216/cab.v15i1.13040

SCHÜTZ, K. E. et al. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 273-283, 2011. DOI: 10.3168/jds.2010-3608

de SOUSA et al. Sistema Silvipastoril (livro eletrônico): alternativa sustentável para melhorar a qualidade ambiental das fazendas leiteiras. 1 ed. Curitiba. 2022.

De SOUZA, W. et al. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 685–694, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300030>

De SOUZA, B. B. et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária científica no semiárido**. v. 6, p. 59-65, 2010.

VIEIRA, F. M. C. et al. Impact of Shading of a Silvopastoral System on Microclimate and Botanical Composition of Polyphytic Pasture: A Preliminary Study in the Subtropics. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 10, p. 215-224, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/142206>.

VIZZOTTO, E. F. et al. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, p. 1559-1566, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S17517311150008>

APÊNDICE

Apêndice 1 - Certificado de aprovação do projeto pela comissão de ética do uso dos animais da Estação de Pesquisa IDR/CPRA.



CERTIFICADO

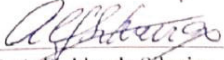
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DO IDR-Paraná – IDR Paraná

1. Protocolo CEUA IDR Paraná: **04/2022**
2. Título do Projeto: Sistema de produção de leite orgânico de bovinos para o Paraná (IDR-PARANÁ/UFPR)/A Sombra de árvores de sistemas agroecológicos no microclima, nas características do pasto e no comportamento de vacas leiteiras
3. Identificação SEPAC (ID): Atividade no projeto **ID 751**
4. Gerente do Projeto: João Ari Gualberto Hill
5. Resultado: **Aprovado**
6. Período de Validade: de **06/01/2022 a 31/12/2022**

CERTIFICATE

COMMITTEE ON ANIMAL RESEARCH AND ETHICS – IDR

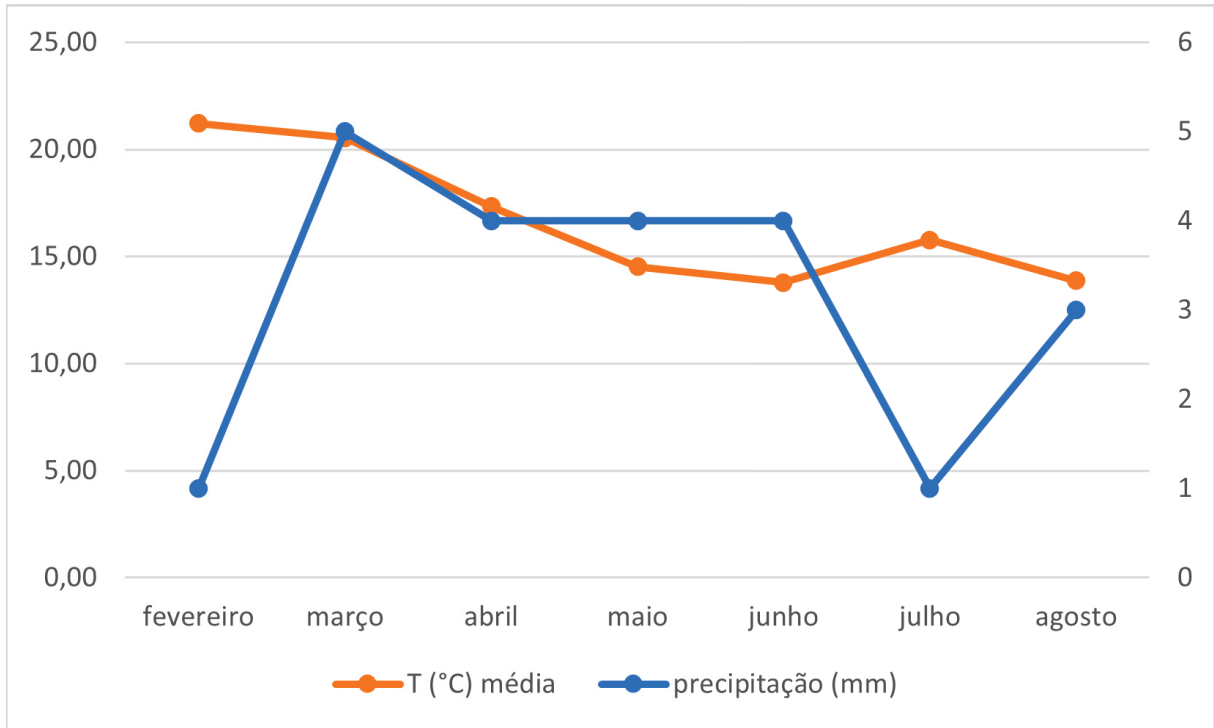
1. Protocol Number: **04/2022**
2. Research project title: Organic milk production system of cattle for Paraná (IDR-Paraná/UFPR) - The shade of trees of agroecological systems in the microclimate, pasture characteristics and behavior of dairy cows
3. Institutional registration number (SEPAC ID): Activity project **ID 751**
4. Project manager: **João Ari Gualberto Hill**
5. Committee decision: **Approved**
6. Validity period (dd/mm/yyyy): **from 06/01/2022 to 31/12/2022**


 André Luis Finkler da Silveira
 Coordenador CEUA IDR-Paraná
 Committee On Animal Research And Ethics – IDR

André Luis Finkler da Silveira
 Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
 Pesquisador - Médico Veterinário
 CRMV PR 10.438 VP

ANEXO

Anexo 1 - Valores médios de temperatura do ar e precipitação pluvial, da estação meteorológica SIMEPAR - Pinhais, PR, por mês, durante período de avaliação.



Anexo 2 - Valores médios de temperatura do ar, da estação meteorológica SIMEPAR - Piraquara, PR, por horas, durante os quatro dias de coleta, em cada ciclo de coleta (verão, outono e inverno), em relação a temperatura crítica inferior e superior para bovinos de leite da raça Jersey (Naas et al., 1998).

