

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

ALINE ROBERTO

**VARIAÇÃO ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA
SILVIPASTORIL COM *Grevillea robusta* A. Cunn**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2018

ALINE ROBERTO

**VARIAÇÃO ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA
SILVIPASTORIL COM *Grevillea robusta* A. Cunn**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Bacharelado em AGRONOMIA da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do Título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira.

DOIS VIZINHOS

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

**VARIAÇÃO ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA SILVIPASTORIL
COM *Grevillea robusta* A. Cunn.**

por

ALINE ROBERTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em quinze de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.º Orientador
Frederico Márcio Corrêa Vieira

Laercio Ricardo Sartor
UTFPR – Dois Vizinhos

Fagner Goes da Conceição
UTFPR – Dois Vizinhos

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Lucas da Silva Domingues
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida e pelas oportunidades que me proporcionou.

Aos meus pais, Dirceu Roberto e Maria Veroni Roberto, exemplos de caráter e amor, agradeço imensamente pelo apoio e compreensão. Pai, que sempre lutou em sua vida para fornecer o melhor para nossa família, exemplo de força e honestidade, que me acompanhou por todas as batalhas e sempre me incentivou a não ter medo dos obstáculos que a vida nos proporciona. Mãe, mulher incrível com o coração enorme, minha inspiração diária de força, sempre esteve ao meu lado me incentivando, me dando paz.

Aos meus irmãos, Danieli Roberto Beppler e Alcione Marcos Roberto, pelo amor, afeto, cuidado. Agradeço também pelos meus sobrinhos (Emanuelli, Miguel e Heloísa), os melhores presentes que vocês poderiam ter me dado, a eles será dado todo meu amor.

Ao meu amigo, namorado, companheiro, Henrique Steilmann, por me acompanhar em todos os momentos dessa jornada, pelo incentivo, afeto, companheirismo. Agradeço pelo esforço em me auxiliar na execução do presente trabalho.

Às minhas amigas Silvia, Raiza e Isadora, pela amizade durante todos esses anos de faculdade. Obrigada pelos dias de alegrias, pelos conselhos, pelas conversas. Levarei vocês em meu coração sempre. Aos demais amigos, que apesar da distância durante esses anos sempre estiveram ao meu lado, me ajudando em todos os momentos.

Ao meu professor orientador, Frederico Márcio Côrrea Vieira, pela confiança depositada em mim, pela dedicação e paciência. Obrigada pela amizade, conversas, conselhos e ensinamentos.

Ao grupo GEBIOMET, do qual me orgulho em fazer parte.

Ao condomínio Pizzolatto, por dispor a área para realização do presente trabalho.

A todos que de uma forma ou outra me auxiliaram na realização deste trabalho, muito obrigada!

*“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com
isso, mas o que ele se torna com isso.”*
John Ruskin.

RESUMO

ROBERTO, Aline. 2018. **Variação espacial do microclima em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn.** 50 f. Trabalho de conclusão de curso II. Curso Superior de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Dois Vizinhos, 2018.

O sistema silvipastoril (SSP) se trata da interação entre animais, pastagens e árvores ao mesmo tempo e espaço, e de forma sustentável. Uma das principais modificações que ocorre nesse ambiente é em relação ao microclima gerado devido a presença de árvores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar se as diferentes distâncias, em relação à linha de plantio das árvores, interferem no microclima em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. A pesquisa ocorreu no município de Saudade do Iguaçu – PR, no condomínio Pizzolatto, que possui sistema silvipastoril há onze anos. Foi realizado monitoramento das variáveis microclimáticas com auxílio de uma microestação meteorológica, com função datalogger, no período de maio a outubro de 2017. A estação meteorológica foi posicionada a 2, 10 e 18 metros em relação à linha das árvores. Dentro de cada distância a estação foi colocada na sombra e/ou sol, quando necessário. Os levantamentos foram realizados três vezes ao dia, às 9, 12 e 15 horas. O delineamento utilizado é blocos casualizados em esquema trifatorial, sendo três distâncias (2, 10 e 18 metros), dois níveis de sombreamento e três horários (9, 12 e 15 h). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. A temperatura do ar apresentou-se mais elevada às 12 e 15 horas, em locais sob o sol. A irradiância solar global apresentou pico às 12 horas e seus valores médios foram maiores em locais ensolarados. A umidade relativa do ar diminuiu ao longo do dia, onde às 9 horas expressou percentual de 61,5%, reduzindo para 51% às 12 horas e 45,7% às 15 horas. A velocidade do vento apresentou-se mais elevada às 9 e 12 horas, com $1,4 \text{ m s}^{-1}$ em relação às 15 horas que foi de $1,0 \text{ m s}^{-1}$. A temperatura do solo durante o dia foi de $17,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ às 9 horas, $19,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ às 12 e $20,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ às 15 horas. Foram também observados valores de temperatura do solo menores aos 10 metros da linha das árvores e nos pontos sombreados. A umidade do solo apresentou interação entre as distâncias e níveis de sombreamento, onde os valores médios se encontraram menores aos 18 metros e em local sombreado. É possível concluir com o presente trabalho que houve variação espacial apenas para as variáveis microclimáticas do solo. O nível de sombreamento em sistema silvipastoril afetou o microclima em geral, exceto a velocidade do vento. Há interferência dos horários do dia para variáveis como temperatura e umidade relativa do ar, irradiância solar global, velocidade do vento e temperatura do solo. A umidade do solo é modificada pela presença de sombra e também pela distância do renque das árvores, sendo esta menor aos 18 metros.

Palavras-chave: Sistemas de Produção Integrados. Sustentabilidade. Agrometeorologia.

ABSTRACT

ROBERTO, Aline. 2018. **Spatial variation of microclimate in a silvipastoral system with *Grevillea robusta* A. Cunn.** 50 f. Trabalho de conclusão de curso II. Curso Superior de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Dois Vizinhos, 2018.

The silvipastoral system (SSP) about the interaction between animals, pastures and trees at the same time and space, and in a sustainable way. One of the main changes that occurs in this environment is in relation to microclimate generated due to the presence of trees. The present work had as objective to evaluate the different distances, in relation to the planting of trees, interfere in the microclimate in silvipastoral system with *Grevillea robusta* A.cunn. The research took place in the municipality of Saudade do Iguaçu-PR, in the condo Pizzolatto, which has silvipastoral system for eleven years. Monitoring of the climatic variables was carried out with the aid of a meteorological microestação with datalogger function, from May to October 2017. The weather station was positioned at 2, 10 and 18 meters in relation to the tree line. Within each distance the station was placed in the shadow and/or Sun, when necessary. The surveys were conducted three times a day, at 9, 12 and 15 hours. The design used is randomized in blocks trifactorial scheme, being three distances (2, 10 and 18 meters), two levels of shading and three times (9, 12 and 15 h). The data were subjected to analysis of variance and when significant Tukey test was carried out at 5% probability of error. The air temperature showed higher to 12 and 15 hours in places under the Sun. The global solar irradiance presented at 12 hours peak and average values were higher in sunny locations. The relative air humidity decreased throughout the day, where at 9 hours expressed percentage of 61.5%, reducing to 51% for 12 hours and 45.7% at 15 hours. Wind speed reported higher at 9 and 12 hours, with 1.4 m s^{-1} , compared with 15 hours of 1.0 m s^{-1} . The soil temperature during the day was 17.7° C at 9 hours, 19.1° C at 12 and 20.7° C at 15 hours. Were also observed soil temperature values smaller to 10 meters from the line of trees and in shaded spots. Soil moisture introduced interaction between distances and levels of shading, where the average values met minors 18 meters and shaded place. It can be concluded with the present work there was only spatial variation for soil-climatic variables. The shading level on silvipastoral system affected the microclimate in General, except for the speed of the wind. There is interference from the timetables of the day for variables such as temperature and relative humidity, global solar irradiance, wind speed and soil temperature. Soil moisture is modified by the presence of shadow and also because of the distance from the row of trees, less to 18 meters.

Keywords: Integrated production systems. Sustainability. Agrometeorology.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Vista aérea do local com sistema silvipastoril em Saudade do Iguaçu, onde foram realizadas as coletas microclimáticas. | 25 |
| Figura 2.: Sensor Piranômetro SP 212 utilizado para coleta de Irradiância solar global. | 26 |
| Figura 3.: Datalogger utilizado para coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar. | 27 |
| Figura 4.: Anemômetro utilizado para obtenção da velocidade do vento. | 27 |
| Figura 5.: Sensor termopar para obter temperatura do solo (à direita) e haste ECHO EC-5 para obtenção de umidade do solo (à esquerda). | 28 |
| Figura 6.: Microestação meteorológica portátil utilizada para obtenção das variáveis em estudo em sistema silvipastoril. | 29 |
| Figura 7.: Croqui realizado da área de implantação e condução do experimento. | 29 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores médios (média \pm erro-padrão) dos parâmetros microclimáticos no sistema silvipastoril em diferentes horários, distâncias do renque de árvores e níveis de sombreamento. UTFPR – DV, 2018.31
- Tabela 2** - Percentual de sombreamento nos três diferentes horários do dia e nas diferentes distâncias do renque das árvores em sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.33
- Tabela 3** - Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do ar (Tar, °C), irradiância solar global (Qg, W m⁻²), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (VV, m s⁻¹) e temperatura do solo (Tsolo, °C) em diferentes horários do dia no sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.36
- Tabela 4** - Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do ar (Tar, °C), irradiância solar global (Qg, W m⁻²), umidade relativa do ar (UR, %), temperatura do solo (Tsolo, °C) e velocidade do vento (VV, m s⁻¹) nos diferentes níveis de sombreamento no sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.39
- Tabela 5** -Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do solo (Tsolo, °C) nas diferentes distâncias em relação ao renque de árvores do sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.42
- Tabela 6** - Valores médios (média \pm erro-padrão) da umidade do solo a 5 cm de profundidade (m³ m⁻³) nas diferentes distâncias das linhas de plantio e nos diferentes níveis de sombreamento no sistema silvipastoril. UTFPR/DV, 2018.43

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. JUSTIFICATIVA | 13 |
| 3. HIPÓTESES | 14 |
| 4. OBJETIVOS | 15 |
| 4.1. GERAL | 15 |
| 4.2. ESPECÍFICOS | 15 |
| 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 5.1. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA..... | 16 |
| 5.2. SISTEMA SILVIPASTORIL..... | 16 |
| 5.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO COMPONENTE ARBÓREO <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn | 19 |
| 5.4. MICROCLIMA EM SISTEMA SILVIPASTORIL..... | 21 |
| 6. MATERIAL E MÉTODOS | 24 |
| 6.1. LOCAL DE PESQUISA | 24 |
| 6.3. AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO 26 | |
| 6.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 30 |
| 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |
| 8. CONCLUSÕES | 44 |
| 9. REFERÊNCIAS | 45 |

1. INTRODUÇÃO

Dentro dos sistemas agroflorestais pode-se citar a modalidade sistema silvipastoril (SSP), destinado principalmente à locais cujo objetivo é produção animal. Nesse sistema ocorre, de forma proposital, interação entre árvores, pastagens e bovinos. Pode-se dizer que um SSP objetiva melhorar as condições do local para o animal, fornecendo pastagem de qualidade e condicionando um ambiente menos estressante, como resultado disso, aumentar a produtividade.

Além disso, o sistema silvipastoril pode melhorar as condições de solo, aumentar a biodiversidade do ambiente, fazendo com que o mesmo se torne sustentável. Os princípios do SPP é de reduzir a variação térmica do solo, atenuando a intensidade de radiação solar, melhorar a fertilidade do solo, diminuir a ocorrência de processos erosivos, entre outros benefícios (AMADOR, 2013).

A implantação de sistema silvipastoril em locais com pastagem podem ter como objetivo a extração madeireira que possuem aumento no mercado, melhorar as condições práticas na pecuária, agregar renda nas propriedades e buscar diversidade de cultivo, e melhorar a ambiência aos animais (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006).

Condições ambientais menos estressantes estão relacionada a questões microclimáticas envolvidas no sistema. Dentre as condições microclimáticas que ocorrem no sistema silvipastoril, Young (1991) relata que os elementos climáticos como radiação solar, umidade do ar, temperatura do ar e o vento sofrem intensas modificações. São elementos que podem interferir diretamente no bem-estar animal, bem como atuar sobre as plantas forrageiras.

A implantação de sistema silvipastoril na região sudoeste do Paraná pode atender diversas propriedades com atividade de pecuária leiteira. O Sudoeste se destaca na produção agropecuária, principalmente na criação de suínos e bovinos (IAPARDES, 2009). Segundo Zoccal et al. (2005), 61% das propriedades rurais da região Sul do país apresentam atividade bovinocultura leiteira.

O componente arbóreo no sistema silvipastoril pode interferir diretamente no microclima e o grau de interferência pode variar conforme os arranjos espaciais das árvores no piquete. O componente arbóreo, quando disposto em local correto, possui efeitos benéficos em pastagens e promove bem-estar aos animais, e neste caso, o efeito é considerado de maior importância (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2009).

A projeção de sombra se torna diferenciada de acordo com o espaçamento entre as linhas das árvores e também dependendo das características morfológicas de cada espécie arbórea (tipo de copa, porte, etc.). A interceptação da radiação solar é um fator diretamente ligado ao porte das árvores e isso pode afetar outras variáveis microclimáticas no ambiente.

Diante dessas circunstâncias, a importância do presente trabalho está ligada com as formas de manejo quanto ao dimensionamento de piquetes, que podem interferir no microclima em um sistema silvipastoril, onde os dados poderão servir de base para entender o que ocorre com as variáveis microclimáticas em diferentes distâncias da linha das árvores e em diferentes projeções de sombreamento no piquete. Essas informações poderão ser transmitidas aos agricultores para facilitar o entendimento da interação que ocorre com o microclima em SSP relevando a importância da sua implantação.

2.JUSTIFICATIVA

O sistema silvipastoril (SSP) vem se tornando uma nova alternativa aos produtores de leite, que possuem como objetivo aumentar a produção visando o conforto térmico do animal e a qualidade das pastagens. Sabe-se que a fauna e a flora respondem de maneira diferente, tanto fisiologicamente quanto morfológicamente às variáveis microclimáticas. Isso designa potencial de espécies animais e vegetais que podem ser modificados pela presença de componentes arbóreos em SPP.

O agricultor quando implanta um SSP possui todo o suporte de técnicos para auxiliar na condução, mas poucos sabem realmente o que é modificado num sistema de pastejo quando se acrescenta árvores e tão pouco ainda sobre o que irá resultar no animal ou planta forrageira. O componente arbóreo pode interferir de diferentes maneiras de acordo com a distância das árvores e também com os diferentes horários do dia, modificando as variáveis climáticas como radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar. Sendo assim, haverá horas e espaços em que as condições se tornam mais favoráveis ao animal e à pastagem.

Na região Sudoeste do Paraná, há poucos trabalhos desenvolvidos em relação ao microclima em SSP (PORFÍRIO-DA-SILVA, 1998). Diante do exposto, a realização deste trabalho busca obter informações sobre a interferência da espécie arbórea *Grevillea robusta* A. Cunn em variáveis microclimáticas sobre diferentes distâncias da linha de plantio a fim de subsidiar o produtor em relação à implantação e ao manejo do SSP e quais são os benefícios que ele pode proporcionar ao meio com a mudança no microclima em diferentes espaços do piquete.

3. HIPÓTESES

- O componente arbóreo em áreas de pastejo pode alterar a intensidade de radiação solar, devido à barreira formada pelas copas das árvores que, conseqüentemente, poderá modificar outras variáveis microclimáticas. Além das árvores, os diferentes horários do dia também podem interferir no microclima.
- A distância das árvores pode interferir na intensidade de radiação solar bem como afetar a projeção de sombras devido a declinação solar. Isso pode acarretar em modificações na temperatura do ar e do solo.
- Os níveis de sombreamento em um piquete podem resultar em modificações na intensidade de radiação e também na quantidade de luz que chega à superfície do solo.

4. OBJETIVOS

4.1. GERAL

Avaliar se as diferentes distâncias, em relação à linha de plantio das árvores, interferem no microclima em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn.

4.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar o microclima em sistema silvipastoril ao longo dos horários do dia.
- Testar se as diferentes distâncias a partir da linha de plantio das árvores interferem na variação térmica no sistema silvipastoril.
- Avaliar se os diferentes níveis de sombreamento dentro de cada distância modificam o microclima no ambiente.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são compostos por técnicas que buscam a interação entre árvores, animais e culturas agrícolas que forneçam benefícios à natureza e rentabilidade ao produtor de forma sustentável (NARDELE; CONDE, 2008). O sistema agroflorestal, segundo Engel (1999), é a composição de algumas espécies lenhosas ou herbáceas em consórcio com a produção agrícola e pecuária, onde sugere ao produtor o aprimoramento da terra, fazendo com que ocorra geração de recursos naturais dentro do próprio sistema, permitindo ao agricultor reduzir custos de produção.

A agricultura familiar vem implantando SAFs em busca de obtenção de renda e diversidade na produção, até mesmo para assegurar a permanência das novas gerações nas propriedades rurais (DEITENBACH et al., 2008). Além disso, os SAFs beneficiam as condições climáticas do ambiente, regulando temperatura e umidade do ar e do solo durante o dia, reduzindo variações desses elementos, onde não há arborização ocorre muita alteração (RIBASKI et al., 2001).

Montagnini (1992) relata que o SAFs é muito dinâmico, quando ocorre a implantação das árvores, durante o período de crescimento o produtor pode consorciar com culturas anuais, denominado como sistema agrossilvipastoril. Quando as árvores possuem porte de sombreamento e o objetivo da propriedade é pecuária, o sistema então pode passar a ser modalidade silvipastoril, onde ocorre então, a interação entre pastagem, árvores e animais.

5.2. SISTEMA SILVIPASTORIL

O sistema silvipastoril (SSP) é uma categoria pertencente ao sistema agroflorestal, onde há uma relação harmônica entre árvores, plantas forrageiras e animais, buscando benefícios econômicos e sustentáveis, sem degradar a

área (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2009). Ainda o autor complementa que as árvores interagem com o meio de maneira que ocorra redução de processos erosivos, aumente a disponibilidade de nutrientes e umidade do solo e também auxilie na atenuação da radiação solar sobre as forrageiras.

O sistema pode ser caracterizado como um meio de produção de alimentos de maneira sustentável e conservacionista, destacando a influência das árvores não só na modificação do microclima, mas também auxiliando no sequestro de carbono e ciclagem de nutrientes (NICODEMO et al., 2004). Segundo Engel (1999), quando o objetivo do sistema é produção animal, além de auxiliar no bem-estar, que acarreta em maior produtividade, as árvores poderão servir também como fonte de produtos madeireiros para fins rentáveis e ocasionalmente como alimento para animais. Ainda o mesmo autor relatou que quando o objetivo se trata de produção florestal, como extração de látex, madeiras ou frutos, a entrada de animais servirá como auxílio para reduzir a ocorrência de plantas invasoras e também o custo da introdução do sistema florestal.

Segundo Porfírio da Silva (2009), a introdução de SSPs pode ser realizada de acordo com alguns propósitos, tais como: proteção da área, redução de efeitos das intempéries climáticas (geada, granizos, temperaturas elevadas), proteção de pastagens e beneficiamento da madeira, tanto para fins comerciais como uso na propriedade. A produção pecuária no Brasil gera muitos impactos negativos, principalmente na degradação de pastagens e do solo, onde a implantação do sistema silvipastoril pode reduzir esse impacto em longo prazo, tornando disponível pastagem de boa qualidade, aproveitando os recursos próprios do sistema, sem a utilização de recursos externos (FRANKE; FURTADO, 2001). Em áreas que apresentam sinais de degradação, o solo se torna totalmente exposto aos efeitos da chuva e intensidade do vento. Entretanto, no momento em que há a introdução de árvores, ocorre maior deposição de cobertura vegetal, e isso acarreta em uma maior proteção e aumento de níveis de nutrientes do solo (CARVALHO; XAVIER, 2005).

No solo, a implantação de um SSP auxilia na ciclagem de nutrientes, pois o sistema radicular das árvores consegue absorver nutrientes mais

profundos do solo, onde os mesmos serão depositados na superfície pela decomposição de restos vegetais da planta (DIAS-FILHO, 2006). Nardele e Conde (2008) ainda relatam que o sistema de adubação do meio é através da decomposição de folhas e galhos originados de podas e da incorporação de nutrientes de plantas de cobertura com potencial de fixação, quando utilizadas.

Além da ciclagem de nutrientes, outro benefício ocasionado pela presença das árvores é a redução do impacto da precipitação pluviométrica e intensidade do vento, diminuindo as chances de ocorrência de processos erosivos (MONTAGNINI, 1992).

A presença de árvores modifica o microclima de forma positiva para a pastagem e animal, pois elas são responsáveis pela estabilidade de umidade do solo, já que o sombreamento reduz a intensidade de raios solares sobre a superfície e conseqüentemente redução de evapotranspiração (MÜLLER et al., 2004). Segundo o mesmo autor, os animais se beneficiam da área sombreada, pois há temperatura mais agradável resultando no aumento de produção.

São muitas as espécies arbóreas utilizadas em agrosilvopastoris. Entre elas, destacam-se as espécies nativas, como a Canafístula, Paricá, Cedro Rosa e as espécies exóticas implantadas, como Eucalipto, Grevílea, Cedro Australiano, entre outras (MELOTTO et al., 2012). Os produtores possuem maior preferência por espécies arbóreas que possam ser exploradas de alguma forma para aumentar a renda do sistema, bem como plantas que melhorem o teor de nutrientes do solo ou favoreçam o crescimento de culturas que estarão em consórcio (DEITENBACH et al., 2008).

De acordo com a visão de Nepomuceno e Silva (2009), as espécies arbóreas devem ser escolhidas conforme sua adaptabilidade na região, principalmente pelo seu tempo de desenvolvimento, onde o adequado é ter crescimento e desenvolvimento rápido, assim os danos que podem ser provocados pelo gado são reduzidos.

O sistema silvipastoril possui papel importante na redução de impactos negativos no meio ambiente, que muitas vezes é causado por manejos convencionais da atividade pecuária (FRANKE; FURTADO, 2001). No entanto, para obtenção do sucesso com o sistema silvipastoril, é necessário ter

planejamento, principalmente na escolha do componente arbóreo ou arbustivo, levando em consideração o objetivo da propriedade, se deseja obter fins lucrativos com exploração madeireira, produção animal ou obtenção de produtos provenientes dos dois sistemas (CASTRO; PACIULLO, 2006).

5.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO COMPONENTE ARBÓREO *Grevillea robusta* A. Cunn

As espécies mais utilizadas em sistema silvipastoril são do gênero *Eucalyptus*, *Corymba* e *Grevillea robusta* A. Cunn, principalmente onde os solos são susceptíveis aos processos erosivos, como, por exemplo, no Noroeste do Paraná (RIBASKI; RIBASKI, 2013).

A Grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn) é muito utilizada em consórcios com espécies do gênero *Eucalyptus*. Isso porque nos anos 70 ela era utilizada em plantios de café como quebra-ventos (NAPOMUCENO; SILVA, 2009). O sucesso na implantação de Grevílea, principalmente no sul do país, se deve ao fato de que a espécie tolera baixa fertilidade do solo, se adapta ao clima, possui crescimento acelerado e diversos fins madeireiros (MARTINS, 2000).

Ferreira e Martins (1998) relatam que a Grevílea foi introduzida no país inicialmente para utilização em quebra-ventos em plantações de café, cacau e outras culturas e por volta de 1970 teve reconhecimento como espécie destinada aos sistemas agroflorestais.

Harwood (1998) descreve que a espécie é facilmente de ser cultivada, pois se estabelece rapidamente, suporta podas carregadas e possui poucos problemas com doenças e pragas. A Grevílea apresenta pouco potencial de competitividade com as culturas e detém alta projeção de sombras, é rustica e possui qualidade de madeira, tornando-se aceitável pelos produtores (FERREIRA; MARTINS, 1998).

A Grevílea é uma árvore decídua que pode chegar à 40 metros de altura, mas normalmente seu porte atinge em média de 20 a 25 metros; possui tronco ereto sem ramos nos primeiros 15 metros. A produção de flores se dá em torno de seis anos após o plantio, seus frutos amadurecem em estações quentes onde

secam e suas sementes podem então, ser disseminadas pelo vento (ORWA et al., 2009).

A *Grevillea robusta* A. Cunn possui origem Australiana (HARWOOD, 1992; HARWOOD, 1998), onde nessa região as condições climáticas são de 720 a 1710 mm de precipitação anual e temperaturas mais amenas, entre 14 a 20 °C (MARTINS, 2000). Prefere local mais úmido, em regiões tropicais onde a temperatura média anual é maior que 23 °C e chuvas acima de 2000 mm podem prejudicar o desenvolvimento da planta. Em regiões temperadas ela tolera temperaturas baixas e ocorrência de geadas, prefere local onde o solo seja fértil e profundo para desenvolvimento radicular (HARWOOD, 1998). Martins (2000) relatou que em seu habitat original, suporta até -1 °C, sem sofrer qualquer injúria, e em outras regiões com temperaturas de até -5 °C ela consegue resistir, onde o frio apenas fará com que cesse seu crescimento.

Paraná e São Paulo são os estados que dão as condições ideais para desenvolvimento da Grevílea, principalmente pela questão de fertilidade e composição do solo que são originários de basalto e arenito (FERREIRA; MARTINS, 1998).

A intensidade pluviométrica no Paraná pode ser um fator limitante para a *Grevillea robusta*, dependendo das condições na hora do plantio podem dificultar o crescimento inicial. É recomendado o plantio em regiões no Norte do estado do Paraná, onde as temperaturas mais baixas em julho não prejudicam significativamente o seu desenvolvimento, ao contrário de regiões situadas no Sul e Oeste do estado, onde há maior frequência de ocorrência de geadas (FRITZSONS; CARPANAZZI; WREGUE et al., 2010).

A grevílea é uma planta muito utilizada em plantações de café, principalmente pela projeção de sombra. A sua ramificação é ideal para utilizar como quebra-ventos e também como abrigo contra danos mecânicos induzidos pelo vento, também reduz alta taxa de transpiração e evaporação da superfície do solo (ORWA et al., 2009). Ainda os autores relataram que a Grevílea é considerada melhoradora do solo, pois fornece alta quantidade de cobertura vegetal, que quando acumulada pode chegar em 30 – 40 cm. Esse acúmulo de

cobertura vegetal protege o solo e mantém a temperatura ideal ao seu desenvolvimento.

5.4. MICROCLIMA EM SISTEMA SILVIPASTORIL

As modificações ambientais que ocorrem em um sistema silvipastoril são principalmente relacionadas ao microclima (temperatura, luz, umidade do ar e vento) e ao solo (YOUNG, 1991). A presença de árvores desempenha um papel de proteção aos animais servindo de abrigo, reduzem a ação de chuvas fortes e diminui a velocidade do vento, ainda tornam a temperatura ideal para os animais, garantindo conforto térmico (CARVALHO; XAVIER, 2005).

Para Bernardino e Garcia (2009), o componente arbóreo em sistema silvipastoril modifica todo o microclima, onde haverá atenuação da radiação solar, conseqüentemente a temperatura diminui, aumentando umidade do ar e do solo. Nesse sistema, as variáveis climáticas atuam principalmente sobre conforto térmico animal, onde, umidade do ar, temperatura e radiação implicam diretamente na termorregulação dos animais (NICODEMO et al., 2004). Em animais homeotérmicos há uma faixa de temperatura ambiente em que ele não precisa ganhar ou perder temperatura corporal, quando se encontra nessas condições pode-se dizer que está em conforto térmico (BRIDI, 2006). Animais que não se adaptam às altas temperaturas retiram energias do próprio corpo para manter uma temperatura ideal, e com isso, ele reduz seu consumo alimentar, afetando de maneira negativa a sua produção (LEME et al., 2005).

Segundo Lopes et al. (2013), bovinos podem desempenhar desequilíbrio fisiológico quando submetidos a condições de altas temperaturas, pois ocorrem alterações hormonais e metabólicas. Ainda, os mesmos autores relatam que em áreas com sistema silvipastoril ocorre redução da temperatura em até 3 °C, comparado com ambiente de pastejo em pleno sol afetando no incremento calórico dos homeotérmicos, devido à redução de incidência de radiação solar na área de pastejo.

Em pastagens, a radiação solar, temperatura e pluviosidade interferem diretamente na produção de matéria seca e outras características da planta

(TONATO et al., 2010). A incidência de radiação solar sobre as plantas cultivadas é reduzida em um sistema silvipastoril, o que se torna uma vantagem para produção de plantas adaptadas à sombra (SINGH et al., 2012). Castro et al. (2009) descreveram que em áreas sombreadas a *Brachiaria decumbens* obteve maior teor de matéria seca e, conseqüentemente, uma maior cobertura do solo, em relação à pastagem sob pleno sol.

Segundo Bronzatto (2016), a radiação interceptada em certo estágio fenológico da árvore reduz a luminosidade e isso pode interferir negativamente no crescimento da forrageira. Segundo Ribaski et al. (2013), em dosséis com espaçamento menor entre árvores, há pouca quantidade de penetração de luminosidade e isso pode prejudicar a quantidade de biomassa de culturas herbáceas. O mesmo autor ressaltou a importância da escolha da espécie a ser plantada em um sistema agroflorestal, dando preferência às espécies que possam produzir em condições com pouca luz.

A temperatura do ar sofre estabilização ao longo do dia quando se tem componente arbóreo e essa redução de variação traz benefícios aos animais e também às forrageiras (RIBASKI et al., 2001). A temperatura ambiente interfere diretamente no processo de fotossíntese e respiração das plantas, quando há um sistema de sombreamento ocorre modificações nessa temperatura, e isso interfere no acúmulo de carboidratos e no processo de sobrevivência das plantas (SANCHEZ, 1995). Segundo Porfírio-da-Silva (1998), a temperatura no sistema silvipastoril pode afetar o índice de área foliar, a produção de fotossíntese líquida e o teor de matéria seca da forrageira.

A temperatura do solo é determinada pela intensidade de radiação solar, onde a mesma aquece a superfície e o calor é conduzido para o interior do solo, à noite o fluxo de calor se inverte, a superfície se resfria por emissão de ondas longas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). No solo, as copas das árvores causam a redução da intensidade de radiação solar na superfície, o que faz com que ocorra menor evapotranspiração e não aconteça variação na temperatura do solo, proporcionando melhores condições de sobrevivência de microrganismos no solo (GONÇALVES et al., 2000). A regulação do gradiente

térmico do solo também se deve pelo acúmulo de serapilheira e estrato das árvores (RIIBASKI et al., 2001).

Quando há forrageiras em pleno sol, o ambiente apresenta menor rugosidade e isso beneficia ao aumento da velocidade do vento. No entanto, para aumentar a fixação de carbono nas plantas, o desejado é que a velocidade do ar não seja constante, e sim, que apresente oscilações, resultando em quebra do gradiente térmico e difusão de CO₂ (NICODEMO et al., 2004). As plantas arbóreas também desempenham função de diminuir o impacto do vento sobre os animais e também sobre o solo (CARVALHO e XAVIER, 2005).

A velocidade do vento, de acordo com Porfírio-da-Silva et al. (1998), tem sua intensidade reduzida em sistema silvipastoril, chegando à 21% a menos no inverno e 61% no verão, sendo que houve melhor arranjo das direções do vento, proporcionando maior movimentação. A diminuição na velocidade do vento reduz a evapotranspiração e, conseqüentemente, a umidade do solo se mantém maior (FRANKE; FURTADO, 2001).

Observa-se maior rendimento das plantas forrageiras quando não tem alta velocidade de vento, pois melhora a fixação de carbono, proporciona maior umidade do ar que impede a mudança repentina de temperatura do dia para a noite, evitando choque térmico e também diminui a evapotranspiração (NICODEMO et al., 2004).

A umidade relativa do ar está relacionada com processos físicos naturais, como evapotranspiração, evaporação e movimentação de calor na atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Em sistemas agroflorestais as árvores cobrem maior área e normalmente essas áreas possuem maior umidade do ar comparadas com áreas abertas (MONTEITH et al., 1991).

Segundo Bosi (2014) a umidade relativa do ar em sistema silvipastoril sofre interferência principalmente em distâncias diferentes à linha das árvores, obtendo respostas significativas, também em relação ao nível de sombreamento. O autor determinou a quantidade de radiação solar recebida em diferentes distâncias no piquete, onde a temperatura do ar e saturação de vapor foram

modificadas pela presença de árvores, variáveis estas que interferem diretamente sobre a umidade relativa do ar.

A elevada umidade do solo contribui para o desenvolvimento de microrganismos decompositores de materiais orgânicos, fazendo com que se tenha maior degradação do material vegetal e conseqüentemente maior incremento de minerais no solo (ALVES et al., 2009). A umidade no solo juntamente com temperaturas altas pode favorecer a mineralização do nitrogênio, assim o nutriente é disponibilizado e absorvido pelas plantas que vão ter um melhor desenvolvimento (ZANETTE; KRUGER, 2011).

O sistema silvipastoril permite obter maior teor de cobertura morta, principalmente em pontos próximos às árvores e essa cobertura auxilia maior infiltração da água da chuva no solo e faz com que essa água permaneça por mais tempo nas camadas superficiais (DEITENBACH et al., 2008).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. LOCAL DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Condomínio Rural Pizzolatto, localizado na zona rural de Saudade do Iguaçu, Sudoeste do Paraná (Latitude de 25° 41' 13" Sul e Longitude de 52° 36' 32" Oeste) (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, a região é caracterizada como subtropical úmido (Cfa), sem estação seca definida, onde os verões possuem temperaturas altas, sendo o mês mais quente com temperatura superior a 22 °C, com precipitação anual entre 1900 a 2000 mm (ALVARES et al., 2013). Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo do local é classificado em Latossolo vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006).

O sistema silvipastoril foi implantado em janeiro de 2006 e a área total é de 10,2 hectares, sendo dividida em 26 piquetes. O componente arbóreo é a Grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn), material melhorado da Embrapa (MARTINS; NEVES, 2005). As árvores foram plantadas em espaçamentos de 18

x 3,5 m. A espécie forrageira implantada no sistema foi a Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e os animais bovinos de leite da raça Jersey e Holandês Vermelho.



Figura 1: Vista aérea do local com sistema silvipastoril em Saudade do Iguaçu, onde foram realizadas as coletas microclimáticas.

Fonte: Google Earth, 2018.

6.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema trifatorial (3x3x2). O primeiro fator foi referente às três distâncias da linha de plantio das árvores (2, 10 e 18 m). O segundo fator foi em relação aos três diferentes horários do dia (9, 12 e 15 h). O terceiro fator foi em relação aos níveis de sombreamento (Sol/Sombra).

6.3. AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado nos meses de maio a outubro de 2017, sendo realizadas as coletas uma vez ao mês. Buscou-se realizar sempre em dias de céu limpo e sem ocorrência de chuvas.

As variáveis microclimáticas analisadas foram: Irradiância solar global, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do solo, umidade do solo e velocidade do vento. Os dados foram obtidos através de equipamentos característicos para cada variável (Figuras 2, 3, 4 e 5), sendo eles acoplados em uma microestação meteorológica (Figura 6). As variáveis foram analisadas a 1,5 m de altura, exceto a temperatura e umidade do solo, que foram inseridos a 5 cm de profundidade. Abaixo, segue as descrições de coletas para cada variável:

6.3.1. Irradiância solar global (Q_g): a variável foi coletada com auxílio de um piranômetro SP 212 (Apogee), sendo que o mesmo foi conectado ao datalogger modelo HOB0 UX 120-006M.



Figura 2.: Sensor Piranômetro SP 212 utilizado para coleta de Irradiância solar global.

Fonte: Autoria própria, 2017.

6.3.2. Temperatura do ar (T_{ar}) e Umidade Relativa do Ar (UR): a variável foi coletada através de um datalogger, modelo H21-002, da marca Onset. O mesmo era disposto no tripé.



Figura 3.: Datalogger utilizado para coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Fonte: Autoria própria, 2017.

6.3.3. Velocidade do Vento (VV): esta variável foi obtida através da utilização de um anemômetro portátil Mastech, voltado para a direção do vento. Após cinco segundos, o valor era identificado no visor e posteriormente anotado em tabela de campo.



Figura 4.: Anemômetro utilizado para obtenção da velocidade do vento.

Fonte: Autoria própria, 2017.

6.3.4. Temperatura do solo (T_{solo}) e Umidade do solo (U_{solo}): a temperatura do solo foi obtida através do sensor termopar. Já a umidade do solo foi

coletada através de uma haste de cinco centímetros, modelo ECH20 EC-5 (Degacon Devices), onde a mesma foi cravada ao solo de forma em que não ficasse exposta e em contato com o ar. Ambos os sensores foram acoplados ao datalogger H21-002.



Figura 5.: Sensor termopar para obter temperatura do solo (à direita) e haste ECHO EC-5 para obtenção de umidade do solo (à esquerda).

Fonte: Autoria própria, 2017.

A microestação foi posicionada a 2, 10 e 18 metros em relação à linha de plantio das árvores nos piquetes 05, 06, 07, 15, 16 e 17 (Figura 7). Dentro de cada distância a mesma foi posicionada no sol ou/e sombra, quando necessário. A microestação fez as coletas com intervalo de tempo de segundo a segundo, sendo que em cada posicionamento a mesma permanecia no local por três minutos. As coletas se deram três vezes ao dia, às 9, 12 e 15 horas.



Figura 6.: Microestação meteorológica portátil utilizada para obtenção das variáveis em estudo em sistema silvipastoril.

Fonte: Autoria própria, 2017.

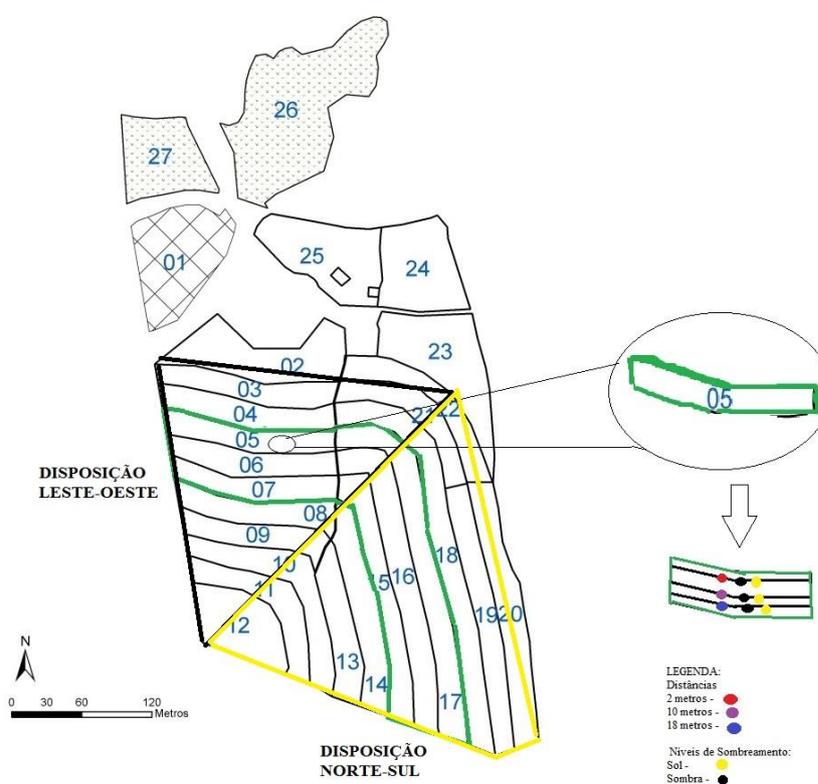


Figura 7.: Croqui realizado da área de implantação e condução do experimento.

Fonte: Autoria própria, 2017.

6.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a realização da análise de variância todos os dados foram previamente transformados pelo método de Box-Cox tendo em vista aproximar os valores à distribuição normal. Apenas a variável umidade relativa não precisou ser transformada.

Os dados das médias obtidos em todos os tratamentos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença estatística significativa foi aplicado o teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico R (R Core Team, 2014).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere a temperatura do ar (Tar), os valores demonstraram aumento conforme as horas mais quentes do dia, onde a temperatura média foi de 19,7; 24,8 e 26,6 °C às 9, 12 e 15 horas respectivamente (Tabela 1). Em pontos sombreados, a temperatura se mostrou mais amena, em torno de 22,5 °C, enquanto em pontos ensolarados, a média de Tar foi de 24,9 °C.

Quanto a umidade relativa do ar (UR), os valores se apresentaram superiores às 9 horas, com média de 60,9%, reduzindo à 50,9 % às 12 horas e 46,1% às 15 horas. Como a temperatura também é um elemento condicionante, os valores se mostraram maiores em locais sombreados, em todas as horas do dia, com média de 55,9%, diferenciando em 6,6%, quando comparados a média de locais ensolarados. A irradiância solar global pode ter sido atenuada pela presença das copas das árvores, sendo possível visualizar valores médios menores desta variável em locais sob sombreamento, 177,3 W m⁻² em média, diferindo de valores encontrados em locais ensolarados que apresentaram em torno de 500,2 W m⁻² (Tabela 1). Essa diferença ocorreu em todas as distâncias analisadas, sendo que em horários mais quentes do dia, a menor incidência de radiação se deu aos 10 metros.

Tabela 1 - Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do ar (Tar, °C), irradiância solar global (Qg, W m⁻²), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (VV, m s⁻¹) e temperatura do solo (Tsolo, °C) em sistema silvipastoril em diferentes horários, distâncias do renque de árvores e níveis de sombreamento. UTFPR – DV, 2018.

| Horários (h) | Distâncias (m) | Níveis de sombreamento | Tar (°C) | UR (%) | Qg (W m ⁻²) | Tsolo (°C) | Usolo (m ³ m ⁻³) | VV (m s ⁻¹) |
|--------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| 9 | 2 | Sol | 21,1 \pm 0,9 | 56,1 \pm 2,6 | 398,1 \pm 49,5 | 17,5 \pm 0,4 | 0,10 \pm 0,012 | 1,4 \pm 0,12 |
| | | Sombra | 18,6 \pm 0,9 | 65,0 \pm 3,0 | 138,5 \pm 23,9 | 17,4 \pm 0,4 | 0,13 \pm 0,015 | 1,7 \pm 0,12 |
| | 10 | Sol | 20,9 \pm 0,9 | 56,7 \pm 2,7 | 401,3 \pm 46,5 | 16,6 \pm 0,4 | 0,12 \pm 0,012 | 1,4 \pm 0,2 |
| | | Sombra | 19,9 \pm 0,8 | 61,1 \pm 2,6 | 195,4 \pm 37,4 | 16,6 \pm 0,4 | 0,13 \pm 0,010 | 1,3 \pm 0,1 |
| | 18 | Sol | 21,0 \pm 1,0 | 57,3 \pm 2,8 | 527,1 \pm 36,9 | 17,4 \pm 0,4 | 0,12 \pm 0,012 | 1,4 \pm 0,1 |
| | | Sombra | 16,8 \pm 0,4 | 69,2 \pm 1,9 | 129,1 \pm 27,8 | 16,6 \pm 0,4 | 0,12 \pm 0,012 | 1,4 \pm 0,2 |
| 12 | 2 | Sol | 26,0 \pm 1,2 | 48,1 \pm 3,4 | 628,1 \pm 65,5 | 19,9 \pm 0,7 | 0,12 \pm 0,013 | 1,5 \pm 0,2 |
| | | Sombra | 23,9 \pm 0,9 | 52,6 \pm 2,6 | 188,8 \pm 34,8 | 18,6 \pm 0,3 | 0,12 \pm 0,010 | 1,3 \pm 0,1 |
| | 10 | Sol | 25,9 \pm 1,1 | 47,9 \pm 3,2 | 588,1 \pm 67,2 | 19,5 \pm 0,6 | 0,123 \pm 0,01 | 1,6 \pm 0,2 |
| | | Sombra | 22,8 \pm 1,0 | 56,6 \pm 3,0 | 201,0 \pm 30,1 | 17,7 \pm 0,5 | 0,12 \pm 0,011 | 1,1 \pm 0,1 |
| | 18 | Sol | 26,0 \pm 1,1 | 48,2 \pm 3,2 | 608,8 \pm 67,5 | 19,9 \pm 0,6 | 0,11 \pm 0,011 | 1,6 \pm 0,1 |
| | | Sombra | 24,1 \pm 1,0 | 52,4 \pm 3,0 | 157,9 \pm 20,6 | 18,9 \pm 0,5 | 0,11 \pm 0,011 | 1,2 \pm 0,2 |
| 15 | 2 | Sol | 27,3 \pm 0,9 | 44,6 \pm 3,2 | 417,2 \pm 55,8 | 21,0 \pm 0,4 | 0,12 \pm 0,010 | 1,1 \pm 0,1 |
| | | Sombra | 26,7 \pm 1,3 | 45,8 \pm 4,3 | 142,0 \pm 21,7 | 20,4 \pm 0,6 | 0,11 \pm 0,013 | 0,9 \pm 0,1 |
| | 10 | Sol | 27,5 \pm 1,0 | 42,9 \pm 3,2 | 381,3 \pm 46,4 | 20,8 \pm 0,6 | 0,12 \pm 0,009 | 1,1 \pm 0,1 |
| | | Sombra | 26,1 \pm 0,9 | 48,2 \pm 3,3 | 147,2 \pm 16,9 | 19,9 \pm 0,5 | 0,12 \pm 0,008 | 0,9 \pm 0,1 |
| | 18 | Sol | 28,0 \pm 1,0 | 42,1 \pm 3,2 | 551,7 \pm 59,4 | 21,8 \pm 0,6 | 0,13 \pm 0,012 | 1,1 \pm 0,1 |
| | | Sombra | 24,4 \pm 0,8 | 52,9 \pm 3,6 | 296,0 \pm 85,1 | 19,9 \pm 0,5 | 0,12 \pm 0,014 | 0,9 \pm 0,1 |

Foram observados possíveis maiores valores de velocidades do vento nas primeiras horas do dia, com $1,7 \text{ m s}^{-1}$ às 9 horas da manhã no ponto sombreado. Ao longo do dia, a mesma diminuiu, apresentando $0,9 \text{ m s}^{-1}$, às 15 horas. A temperatura do solo foi mais elevada em locais sombreados, nas distâncias de 2 e 18 metros da linha das árvores. Foi possível observar também na mesma tabela, que a umidade do solo se apresentou eventualmente superior nas distâncias de 2 e 10 metros, tanto em locais sombreados quanto ensolarados, diferenciando aos 18 metros, onde a mesma foi inferior apenas sob sombreamento.

A projeção da copa das árvores dentro de um sistema silvipastoril apresentou variação de acordo com os horários e as distâncias das linhas de plantio (Tabela 2).

Tabela 2 - Percentual de sombreamento nos três diferentes horários do dia e nas diferentes distâncias do renque das árvores em sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.

| Leste-Oeste | | | | Norte-Sul | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Maio/2017 | | | | Maio/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 100% | 100% | 100% | 9:00 | 100% | 100% | 100% |
| 12:00 | 66% | 66% | 88% | 12:00 | 100% | 33% | 0% |
| 15:00 | 66% | 33% | 0% | 15:00 | 66% | 66% | 66% |
| Junho/2017 | | | | Junho/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 66% | 66% | 50% | 9:00 | 66% | 88% | 0% |
| 12:00 | 33% | 50% | 50% | 12:00 | 66% | 33% | 66% |
| 15:00 | 33% | 66% | 66% | 15:00 | 33% | 100% | 66% |
| Julho/2017 | | | | Julho/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 66% | 66% | 50% | 9:00 | 66% | 66% | 66% |
| 12:00 | 66% | 66% | 33% | 12:00 | 50% | 0% | 50% |
| 15:00 | 33% | 50% | 33% | 15:00 | 33% | 50% | 33% |
| Agosto/2017 | | | | Agosto/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 0% | 50% | 50% | 9:00 | 33% | 50% | 33% |
| 12:00 | 66% | 66% | 66% | 12:00 | 66% | 66% | 66% |
| 15:00 | 88% | 88% | 88% | 15:00 | 88% | 88% | 88% |
| Setembro/2017 | | | | Setembro/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 50% | 50% | 0% | 9:00 | 33% | 50% | 0% |
| 12:00 | 50% | 50% | 0% | 12:00 | 0% | 0% | 66% |
| 15:00 | 50% | 50% | 0% | 15:00 | 66% | 50% | 0% |
| Outubro/2017 | | | | Outubro/2017 | | | |
| HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m | HORÁRIO | 2 m | 10 m | 18 m |
| 9:00 | 50% | 0% | 50% | 9:00 | 33% | 50% | 33% |
| 12:00 | 50% | 0% | 50% | 12:00 | 50% | 0% | 66% |
| 15:00 | 50% | 0% | 50% | 15:00 | 0% | 50% | 50% |
| Média | 54,6% | 50,9% | 45,8% | Média | 52,7% | 52,2% | 47,1% |

Fonte: Adaptada de Ramão, 2017.

Durante as horas mais quentes é possível visualizar que a projeção de sombra possui maior percentual aos 2 metros. Aos 10 e 18 metros, o sombreamento é reduzido ao passar do dia, mostrando maior predominância de sol às 12 e 15 horas. Percebe-se também que nos meses de setembro e outubro as sombras são reduzidas desde as primeiras horas do dia.

O sombreamento dentro do piquete varia conforme a estação do ano, devido a declinação solar. De acordo com Porfírio-da-Silva (2004), nas estações mais frias, o ângulo zenital é menor e com isso as sombras foram mais

alongadas. Porém, o mesmo autor afirma que pode variar também conforme a posição das árvores no terreno.

A temperatura do ar, em todas as distâncias, aumentou ao longo do dia (Figura 8A). Às 9 horas da manhã é possível observar que há maior variabilidade nos valores de temperatura média nas distâncias de 2 e 10 metros, quando comparadas com a distância de 18 metros. Esse mesmo comportamento pode ser notado para a temperatura máxima, que ultrapassou 30 °C aos 2 e 10 metros. Já às 12 horas houve maior variabilidade na temperatura média do ar aos 2 metros da linha das árvores e a temperatura máxima ficou próxima aos 40 °C, enquanto nas demais distâncias a temperatura máxima não chegou a 35 °C. Às 15 horas, a temperatura variou entre 22 a 31 °C aos 2 metros da linha das árvores, diferentemente do que foi observado aos 10 e 18 metros, onde a temperatura não ultrapassou 28 °C.

A irradiância solar global teve maior intensidade às 12 horas (Figura 8B). É possível visualizar que às 9 horas há maior variabilidade de dados na distância de 18 metros, pois encontram-se numa faixa de 240 até 600 W m⁻², diferente da distância de 2 e 10 metros, em que a radiação às 9 horas da manhã se concentrou numa faixa entre 240 a 450 W m⁻². Às 12 horas, os valores permaneceram numa mesma faixa de intensidade de radiação nas três distâncias, porém ultrapassando 600 W m⁻². O contrário pode ser visto às 15 horas, onde houve maior variabilidade de dados na distância de 18 metros, apresentando uma intensidade de radiação próxima aos valores encontrados às 12 horas. Já nas distâncias de 2 e 10 metros, os valores se encontram numa faixa de variabilidade bem menor.

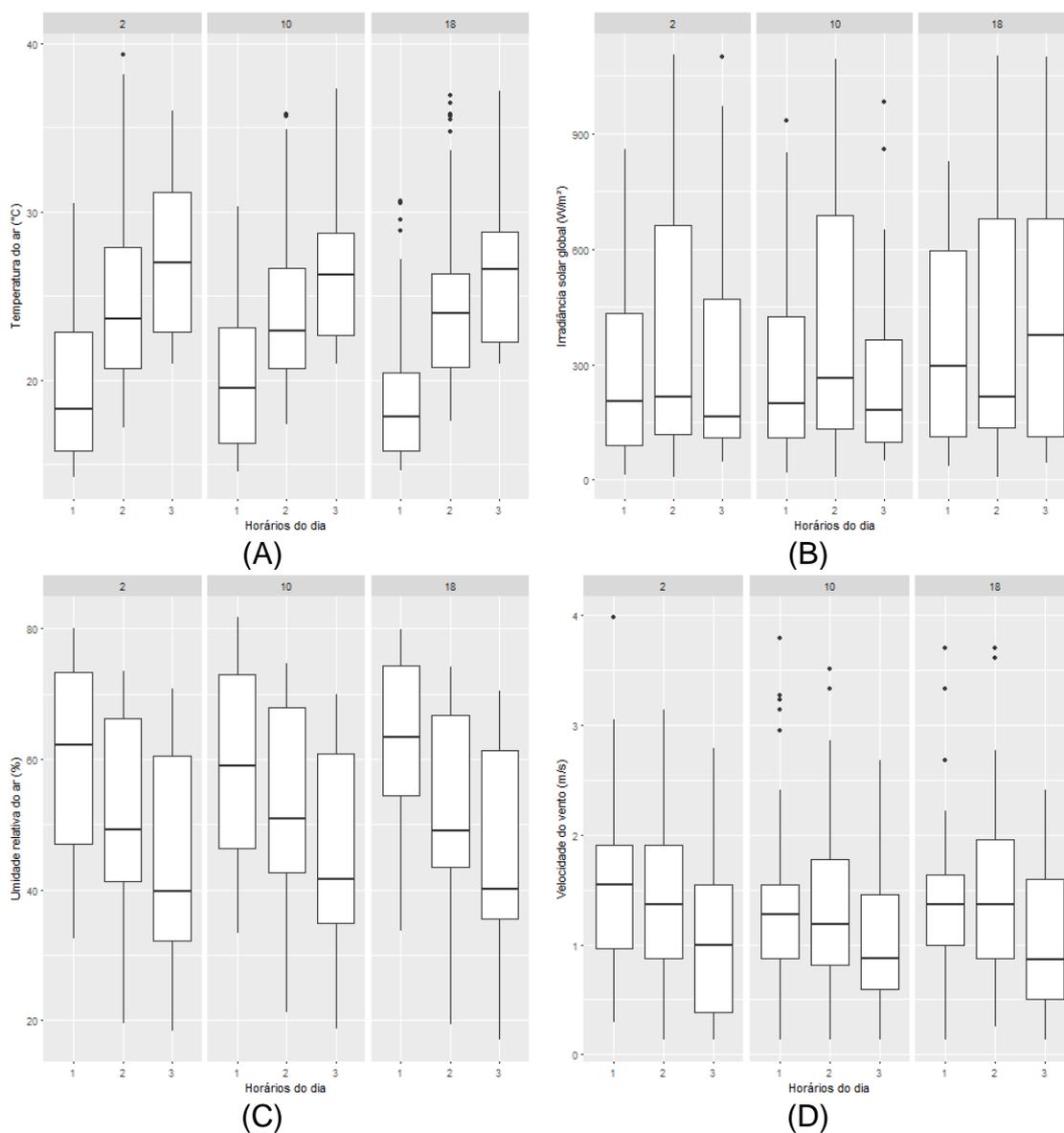


Figura 8 - Distribuição dos valores médios de Temperatura do ar (A), Irradiância solar global (B), Umidade relativa do ar (C) e Velocidade do vento (D) nos diferentes horários do dia (1, 2 e 3 referentes a 9, 12 e 15 horas, respectivamente) e em diferentes distâncias (2, 10 e 18 metros) da linha de plantio das árvores em sistema Silvipastoril.

Fonte: Autoria própria, 2018.

A umidade relativa reduz ao longo do dia nas três distâncias da linha das árvores (Figura 8C). É possível observar que às 9 horas há maior variabilidade nos valores nas distâncias de 2 e 10 metros, e aos 18 metros a maior proporção dos dados se encontraram na faixa de 55 a 75% de umidade. Já às 12 horas, a UR ficou em maior proporção, acima de 42% e abaixo de 70% nas três distâncias

(2, 10 e 18 metros). Às 15 horas ocorreu redução da umidade relativa, apresentando maior proporção na faixa de 35 a 60%.

A velocidade do vento foi menor nas três distâncias às 15 horas (Figura 8D). Às 9 horas os valores se encontram superior aos 2 metros quando comparada com as distâncias de 10 e 18 metros, onde a maior parte dos valores se encontraram na faixa de 1 a 1,6 m s⁻¹. Às 12 horas ocorreu menor variação dos dados na distância de 10 metros da linha das árvores, sendo que a maior parte dos dados se encontraram numa faixa de 0,9 a 1,7 m s⁻¹. Às 15 horas a variabilidade também se mostra menor na distância de 10 metros se comparada com as demais, onde a velocidade do vento se encontrou em maior proporção entre 0,6 a 1,4 m s⁻¹.

Quanto aos horários, a temperatura do ar diferiu ao longo do dia, apresentando temperatura média de 20 °C às 9 horas, elevando-se para 24,8 °C às 12 horas e 26,8 °C às 15 horas (Tabela 3). Para a variável Irradiância solar global, a mesma apresentou pico de radiação às 12 horas com 395 W m⁻². Às 15 horas, a irradiância foi em torno de 332,6 W m⁻² e às 9 horas 309,6 W m⁻².

Tabela 3 - Valores médios (média ± erro-padrão) de temperatura do ar (Tar, °C), irradiância solar global (Qg, W m⁻²), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (VV, m s⁻¹) e temperatura do solo (Tsolo, °C) em diferentes horários do dia no sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.

| Hora (h) | Tar | Qg | UR | VV | Tsolo |
|----------|------------|----------------|------------|------------|------------|
| 9 | 19,9±0,4 c | 309,6±19,8 b | 61,5±6,3 a | 1,4±0,06 a | 17,0±0,2 c |
| 12 | 24,8±0,4 b | 395,0± 27,0 a | 51,0±6,3 b | 1,4±0,06 a | 19,1±0,2 b |
| 15 | 26,8±0,4 a | 332,6± 23,8 ab | 45,7±6,3 c | 1,0±0,05 b | 20,7±0,2 a |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferiram no teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A UR expressou média superior às 9 horas, de 61,5%, enquanto às 12 e 15 horas os valores médios reduziram para 51% e 45,7%, respectivamente. A velocidade do vento se apresentou menor às 15 horas com 1,0 m s⁻¹, já às 9 e 12 horas a média foi de 1,4 m s⁻¹.

A temperatura do solo expressou diferença nos valores médios em cada horário de coleta, onde a maior temperatura foi observada no período das 15 horas, com média de 20,7 °C, seguido de 19,1 °C às 12 horas e 17,7 °C às 9 horas da manhã.

O aumento da temperatura do ar ao longo do dia pode ter sido ocasionado pelo balanço de energia promovido pela incidência de radiação solar, onde as temperaturas mais altas geralmente ocorrem no começo ou meio da tarde, em torno de uma a duas horas após o pico de energia radiante (PEREIRA, ANGELOCCI & SENTELHAS, 2007). Baliscai et al. (2013) mensuraram a temperatura do ar em sistema arborizado, onde os valores máximos foram observados às 14 horas. Resultado superior foi encontrado por Azevedo et al. (2005), que obtiveram diferença de 6 °C na temperatura do ar entre a manhã e tarde, com média de 25,2 °C no período vespertino na estação de inverno. Pezzopane et al. (2010), em estudo com cultivo de café em pleno sol e com arborização, observaram temperaturas do ar de até 30 °C entre 13 e 14 horas e a área sombreada apresentou temperatura máxima em torno de 28 °C na mesma faixa de horário.

O pico de irradiância solar global está relacionado ao fato de que no horário de meio-dia a inclinação dos raios é maior, o ângulo de incidência é menor e conseqüentemente a superfície da atmosfera receptora é maior. Assim, a radiação solar varia conforme o ângulo de declinação solar, sendo esta maior ao meio-dia (CONCEIÇÃO; MARIN, 2009). No entanto, Porfírio-da-Silva (1998) verificou, em um sistema silvipastoril, que os picos de radiação se deram nos horários mais avançados do dia, principalmente com a mudança da época do ano, em direção ao verão. Ainda, o mesmo autor verificou que em horários próximos ao meio-dia ocorreu maior efeito de reflexão das copas.

A maior umidade relativa do ar no período matutino encontrada no presente trabalho se assemelha aos resultados encontrados por Militão (2017) em análise do microclima em silvipastoril agroecológico, onde a umidade relativa apresentou-se maior nos horários matutinos (8 – 10 h) com 66%, reduzindo para 49% entre 14 a 16 horas e aumentou para 59% entre 16 e 18 horas. Azevedo et

al. (2005) encontraram valores médios de umidade relativa durante o inverno de 78% e 49% no período da manhã e à tarde, respectivamente. O mesmo pode ser constatado pelo presente estudo, em que o maior valor de UR foi verificado no período matutino.

As horas mais quentes do dia favorecem maiores perdas de água pelo processo evaporativo (BALISCEI et al., 2013). Os mesmos autores afirmaram em estudo sobre microclima em local sombreado e não sombreado, que a menor umidade relativa do ar foi às 14 horas sob a sombra e o sol.

A maior velocidade do vento às 9 e 12 horas pode ser justificada pelas temperaturas mais baixas nessa faixa de horário, pois a velocidade do vento pode sofrer interferência ocasionada pela diferença de pressão. O gradiente horizontal de temperatura pode demonstrar a diferença de velocidade do vento em áreas sombreadas e ensolaradas (MILITÃO, 2017). A mesma autora registrou maiores médias de velocidades do vento entre 12 e 14 horas, ao analisar microclima em sistema silvipastoril agroecológico.

Souza et al. (2010), analisando a velocidade do vento em sistema silvipastoril com *Eucalyptus sp.* de diferentes alturas, observaram que em árvores com 8 metros a velocidade do vento foi reduzida apenas no período da manhã, diferente para árvores com 28 metros, em que a velocidade do vento diminuiu gradativamente ao longo do dia. A velocidade do vento pode ser influenciada por diversos fatores dentro de um SPP, podendo estar relacionados com a espécie consorciada, a área de copa e altura das árvores.

Quanto ao nível de sombreamento, a temperatura do ar na presença de sol chegou a atingir a média de 24,8 °C, enquanto em locais sombreados, a temperatura atingiu 22,6 °C (Tabela 4). Da mesma forma, a irradiância solar global foi maior em locais ensolarados, atingindo a média de 496,9 W m⁻², já em locais sombreados a mesma atingiu média de 176,0 W m⁻².

A umidade relativa do ar apresentou valores médios menores em áreas ensolaradas, quando relacionadas às áreas sombreadas, sendo 51,5% e 54% respectivamente. A temperatura do solo apresentou em pontos amostrais com

presença de sol temperatura mais elevada (19,3 °C), quando comparada com a temperatura em pontos sombreados (18,4 °C) (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do ar (Tar, °C), irradiância solar global (Qg, W m⁻²), umidade relativa do ar (UR, %), temperatura do solo (Tsolo, °C) e velocidade do vento (VV, m s⁻¹) nos diferentes níveis de sombreamento no sistema silvipastoril. UTFPR – DV, 2018.

| Nível de sombreamento | Tar | Qg | UR | Tsolo |
|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Sol | 24,8 \pm 0,4 a | 496,9 \pm 19,0 a | 51,5 \pm 6,3 b | 19,3 \pm 0,2 a |
| Sombra | 22,6 \pm 0,4 b | 176,0 \pm 12,1 b | 54,0 \pm 6,3 a | 18,4 \pm 0,2 b |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferiram no teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A redução da temperatura do ar sob a sombra pode ser relacionada com a menor intensidade de radiação solar, onde a troca de calor entre os raios solares e a superfície terrestre são menores em comparação com locais expostos ao sol. De acordo com Porfírio-da-Silva (1998), a temperatura do ar reduziu durante o inverno em até 3,5 °C em áreas sombreadas em relação às áreas ensolaradas. No verão, a diferença chegou em até 8 °C. Resultados similares foram encontrados por Barradas e Fanjul (1986), em avaliação do microclima com componentes arbóreos em plantação de café, onde a temperatura máxima média do ar em locais em pleno sol foi de 1,5 a 5,4 °C comparadas com as áreas sombreadas.

A temperatura do ar é reduzida pela presença das árvores devido ao processo de evapotranspiração que ocorre em suas folhas (CAETANO; JUNIOR, 2015). Ao mesmo tempo em que a menor média de temperatura do ar foi obtida em local sombreado no presente trabalho, a irradiância solar global também foi reduzida nesses pontos, onde a mesma pode interferir sobre os valores de Tar.

A presença de árvores em sistemas agroflorestais reduz, em locais sombreados, a temperatura do ar e também a irradiância solar global (BOSI, 2014). O mesmo autor observou que a radiação foi maior em pontos em pleno sol durante todas as estações do ano quando comparou com pontos sob sombreamento das árvores. Em trabalho realizado por Pezzopane et al. (2011),

no qual foi estudada a interceptação de radiação solar em cafezais consorciado com *Grevílea* (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.), o autor constatou que a radiação solar global foi reduzida em todos os pontos amostrais, onde a transmissão de radiação foi mais afetada em pontos mais próximos à árvore. Porfírio-da-Silva (1998) avaliando a variação microclimática em SSP no noroeste do Paraná, constatou que a radiação global foi modificada pela presença de *Grevillea robusta*. Esses resultados confirmam com o obtido no presente estudo, pois houve atuação da *Grevillea robusta* na redução de irradiância solar global em locais sob sombreamento.

A umidade relativa do ar foi maior sob sombreamento, resultado este semelhante ao encontrado por Neiva et al. (2004), onde avaliando as condições bioclimáticas na produção de ovinos, constataram que a umidade relativa do ar chegou 82,1% em local sombreado, já em local exposto ao sol a UR atingiu 71,2%, ambos no período matutino. Durante o período da tarde a UR foi maior sob sombreamento, apresentando 66,6% e enquanto no ponto ensolarado, obteve 60,5%. Em sistemas agroflorestais as variações de umidade relativa são minimizadas pela sombra quando comparadas com áreas em pleno sol que possui maiores temperaturas em horários mais quentes (MELOTTO et al., 2009).

No que se refere a temperatura do solo, os valores aumentaram ao longo do dia em todas as distâncias analisadas (Figura 9A). Às 9 horas, os dados se encontraram com menor variabilidade na distância de 2 metros da linha das árvores, sendo que a temperatura mínima ficou em torno de 14 °C, diferentemente das distâncias de 10 e 18 metros, onde a mínima chegou a quase 10 °C. Às 12 horas, novamente a distância de 2 metros apresentou menor variabilidade de dados, variando numa faixa de 16 a 18 °C aproximadamente, já aos 10 e 18 metros a T_{solo} concentrou-se numa faixa maior de temperatura, ficando acima de 20 °C. Às 15 horas, a maior variabilidade de dados ocorre aos 10 metros, onde a maior parte dos dados se encontram entre 17,5 a 22,5 °C aproximadamente.

Quanto a máxima umidade do solo foi observada às 9 horas da manhã na distância de 2 metros, com resultados acima de 0,3 m³ m⁻³, diferente das

demais distâncias. Também nesse mesmo horário e na mesma distância a mínima registrada foi de $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, caracterizando maior variabilidade (Figura 9B). Às 12 horas, na distância de 10 metros foi observada menor variabilidade, onde os dados se concentraram num intervalo de $0,08$ a $0,17 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Já às 15 horas houve maior variabilidade, apresentando dados na faixa entre $0,075 \text{ m}^3/\text{m}^3$ até $0,18 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

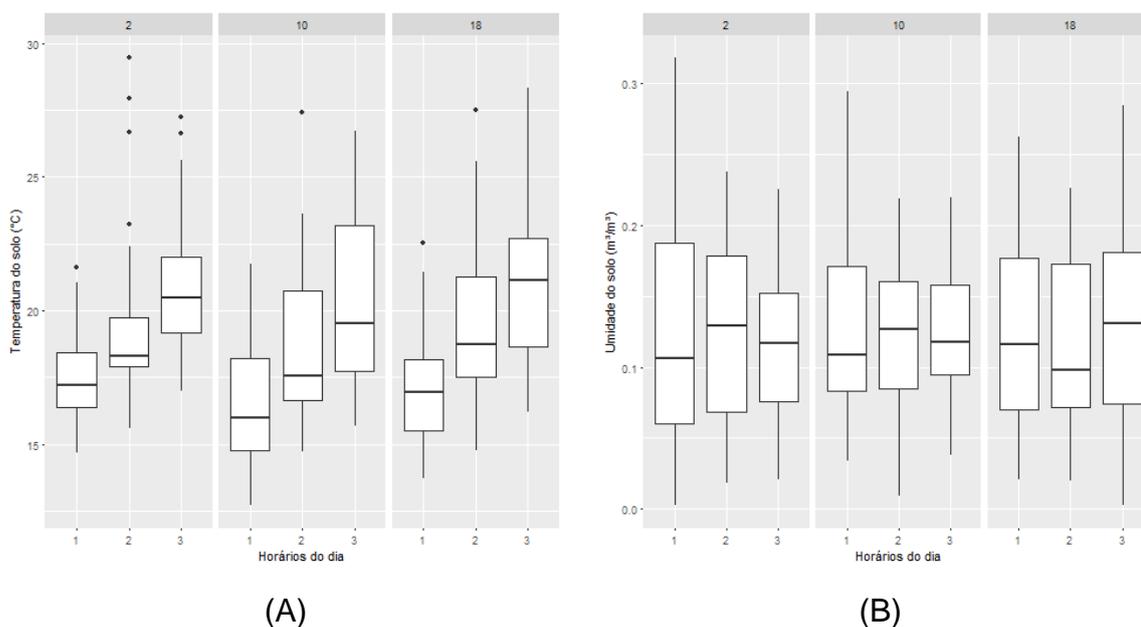


Figura 9 - Distribuição dos valores médios de Temperatura do solo (A) e Umidade do solo (B) nos diferentes horários do dia (1, 2 e 3 referentes a 9, 12 e 15 horas, respectivamente) e em diferentes distâncias (2, 10 e 18 metros) da linha de plantio das árvores em sistema Silvipastoril.

Fonte: Autoria própria, 2018.

A maior temperatura do solo foi observada às 15 horas com $20,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 3). De acordo com Carneiro et al. (2014), ocorre aquecimento da temperatura do solo no decorrer do dia onde essa apresenta valores máximos a tarde. Os mesmos autores observaram que no período da manhã a T_{solo} ficou em aproximadamente $20,7 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto que no período da tarde, entre as 12 e 16 horas, os valores médios alcançaram $30 \text{ }^\circ\text{C}$. A temperatura do solo nas

camadas superficiais apresenta valores máximos entre 12 e 14 horas devido ao pico de radiação solar (PEREIRA et al., 2007).

No presente trabalho a T_{solo} chegou a 19,3 °C em pontos ensolarados, sendo mais elevada em comparação com os pontos sombreados (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Sartor et al. (2007), onde a temperatura do solo no mês de julho apresentou-se com valores médios de 15,9 °C em pleno sol e 14,8 °C onde havia projeção da copa das árvores em sistema silvipastoril.

A variável T_{solo} apresentou diferença aos 10 metros da linha das árvores, com temperatura média de 18,5 °C (Tabela 5). Já aos 2 e 18 metros, a temperatura foi mais elevada, com média de 19,1 °C. Essa variável foi ainda influenciada pela posição do sol em relação ao renque das árvores, onde a projeção de sombra nos meses de outono e inverno permaneceram por maior tempo aos 10 metros (Tabela 2).

Tabela 5 -Valores médios (média \pm erro-padrão) de temperatura do solo (T_{solo} , °C) nas diferentes distâncias em relação ao renque de árvores do sistema silvipastoril. UTFPR/DV, 2018.

| Distâncias (m) | T_{solo} |
|----------------|-------------------|
| 2 | 19.1 \pm 0.2 a |
| 10 | 18.5 \pm 0.2 b |
| 18 | 19.1 \pm 0.3 a |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferiram no teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados diferentes foram encontrados por Bosi (2014), onde comparou a temperatura máxima do solo a 2 e 6 metros da linha das árvores em SSP, e obteve resultados de temperaturas máximas aos 6 metros em todas as estações do ano. Porém, o mesmo autor ao analisar a temperatura mínima entre as duas distâncias, verificou que aos 6 metros a temperatura do solo é mais baixa nas horas iniciais do dia, pelo fato de que a superfície do solo está exposta e conseqüentemente consegue perder calor por radiação terrestre, diferente de

distâncias que se encontram próximas às árvores, onde a copa das mesmas evitam a perda de calor por ondas longas durante a noite.

A umidade do solo a 5 cm de profundidade apresentou interação entre as diferentes distâncias da linha das árvores e níveis de sombreamento, onde a mesma foi menor aos 18 metros sob a sombra (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios (média \pm erro-padrão) da umidade do solo a 5 cm de profundidade ($m^3 m^{-3}$) nas diferentes distâncias das linhas de plantio e nos diferentes níveis de sombreamento no sistema silvipastoril. UTFPR/DV, 2018.

| Distâncias (m) | Níveis de sombreamento | |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| | Sol | Sombra |
| 2 | 0.118 \pm 0.007 Aa | 0.123 \pm 0.007 Aab |
| 10 | 0.125 \pm 0.006 Aa | 0.124 \pm 0.006 Aa |
| 18 | 0.124 \pm 0.006 Aa | 0.121 \pm 0.007 Bb |

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas sobre as linhas e letras minúsculas nas colunas não diferiram no teste Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com Porfírio-da-Silva (1998) as faixas sombreadas tendem a ter maior umidade do solo, diferentemente do resultado apresentado na Tabela 2, onde a distância que possui menor percentual de sombreamento é aos 18 metros, com 45,7% na orientação Leste-Oeste e 47,1% na orientação Norte-Sul, abaixo da projeção estimada aos 2 e 10 metros.

Dentro do ponto de sombreamento, a maior umidade do solo se deu aos 10 metros, onde no período da coleta a projeção de sombra permaneceu por maior tempo nessa distância, principalmente nos meses de outono e inverno, devido ao menor ângulo de declinação solar que incidiu no renque das árvores. Bernardino & Garcia (2009) afirmam que nos locais com maiores índices de sombreamento há a redução de incidência de radiação solar, com isso, a taxa de evapotranspiração é reduzida e a umidade do solo se eleva.

De acordo com Soares et al. (2009), a umidade do solo em área de reflorestamento é maior (30%) quando relacionada ao ponto amostral em pleno sol (27%), justificando que nas áreas dentro do bosque a radiação solar e a

velocidade do vento foram menores, conseqüentemente a evapotranspiração foi reduzida.

8. CONCLUSÕES

As distâncias da linha de plantio das árvores interferem sobre a temperatura e umidade do solo.

Ao longo do dia em sistema silvipastoril, a temperatura do ar e do solo se elevaram, ocorrendo máximas às 15 horas, após o pico de radiação que se deu às 12 horas. Já a umidade relativa do ar no sub-bosque foi elevada nos períodos matutinos ao contrário da velocidade do vento apresentou menores valores no período da tarde. A umidade do solo não sofreu interferência dos horários do dia.

As diferentes distâncias não contribuem para a variação térmica em um sistema silvipastoril, em contrapartida, os níveis de sombreamento interferem no microclima, exceto para a variável velocidade do vento.

9. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, L. M. **Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados**. Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais (PGECOL). UFJF, Juiz de Fora, MG, 2009, 18 p.

AMADOR, D. B.; Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais. In: Kageyama, P. Y. et al (Org.). **Restauração de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p.333-340.

ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. A.; ALVES, E. R. S. da.; CAVALCANTE, C. H. **Agroflorestal para agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 11 p. (Circular Técnica, 16, ISSN 1516-4349).

ARRUDA, D. M.; EISENLOHR, P. V. Analyzing the edge effects in a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, n. 1, p. 169-175, fev. 2016.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BALISCEI, M. A.; BARBOSA, O. R.; DE SOUZA, W.; TEIXEIRA A. C.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ, W. O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**. Maringá, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.

BARRADAS, V. L; FANJUL, L. Microclimate characterization of shaded and open-grow coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 38, p. 101 – 112, 1986.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Floresta Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.

BOSI, C. **Interações em sistema silvipastoril: microclima, produção de forragem e parametrização do modelo para estimativa de produtividade da pastagem Brachiaria**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2014.

BRIDI, A.M. Instalações e ambiência animal. In: **II curso sobre qualidade da carne suína**. Universidade Estadual de Londrina, 2006.

BRONZATTO, R.C. **Caracterização da radiação solar em extratos de sombra de um sistema agroflorestal de forrageiras perenes tropicais e *Pinus elliottii* engelman**. Monografia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí – RS, 2016.

CAETANO, G. A. O.; CAETANO JÚNIOR, M. B. Influência do sistema silvipastoril na puberdade de novilhas. **Revista Pubvet**, Maringá, v. 9, n. 5, p. 232-239, mai. 2015.

CARNEIRO, R. G.; Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, jan. 2014.

CARVALHO, M. M., XAVIER, D.F. Sistemas Silvopastoris para recuperação e desenvolvimento de pastagens. In: AQUINO, A. A.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia, princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 497 – 517.

CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D. S. G.; GOMIDE, C. A. de M.; MULLER, M.; NASCIMENTO JUNIOR, E. R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbes* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, p.19-25, 2009.

CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora/MG. 2006. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R.; Condições microclimáticas em um parreiral irrigado coberto com tela plástica. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n. 2, p. 423 – 431, jun. 2009.

DEITENBACH, A., FLORIANI, G. S.; VIVAN, J. L. Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Agricultura Familiar, 2008. 196 p.

DIAS-FILHO, M.B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258).

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais: conceitos e aplicações**. Botucatu: FEPAF. p.70, 1999.

FARIA L. A. N.; BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; AGUIAR, S. C.; PRADO, R. M.; BERTOLINI, D.A.; Produto à base de própolis (LLOS) na dieta de bovinos inteiros confinados: comportamento animal e respostas sanguíneas. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 79-85, 2011.

FERREIRA C. A., MARTINS, E. G.; O potencial da Grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn.) para reflorestamento. In: GALVÃO, A. P. M. **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Floresta, p. 6. 1998.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C.; **Sistemas Silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. (Documentos, 74).

FRITZSONS, E. CARPANEZZI, A. A. WREGUE, M.; AGUIAR, A. V. Zoneamento climático para a Grevílea (*Grevillea robusta*) para o estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 61, p. 17-24, 2010.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M.; O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF/FAPESP, 2000 p.219-267.

HARWOOD C.E. **Grevillea robusta em Agroflorestal e Florestal: Procedimentos de um Workshop Internacional**. Nairobi: ICRAF, 1992. 190 p.

HARWOOD, C.E.; *Grevillea robusta: uma árvore versátil e popular para a silvicultura agrícola*. **CSIRO Florestal E Produtos Florestais**. FACT-9805. Kingston – Austrália, set. 1998.

IAPARDES, Sudoeste Paranaense: especificidades e diversidades. In: **Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social**, dez. 2009.

LEME, T.M.S.P.; PIRES, M. de F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 29, n. 3, p. 668-675, jun. 2005.

LOPES L. B.; PITTA, R. M.; ECKSTEIN, C. Bem-estar e saúde animal em sistemas integrados de produção. **Revista Leite Integral**. Piracicaba, v. 7, n. 48, Pag.32-36, mar. 2013.

MARTINS, E. G.; **Seleção genética e características fisiológicas e nutricionais de procedência de *Grevillea robusta* (Cunn) estabelecidas no estado do Paraná**. Tese de doutorado: Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000, 126 f.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. J. M. **Melhoramento genético de Grevílea para produção de madeiras em pequenas propriedades**. Colombo, 2005. (Embrapa Florestas: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).

MELOTO, A. M.; VERONKA, D. A.; LAURA, V. A.; Efeito de diferentes níveis de sombreamento natural no microclima de um sistema agroflorestal. In.: **VII Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Luziânia, 2009.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 95-119. Capítulo 8.

MILITÃO, E. R.; **Microclima e qualidade de forragens em sistema silvipastoril agroecológico em função do tempo de repouso do pastejo e sombreamento**. Dois Vizinhos, 2017. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

MONTAGNINI, F.; **Sistemas Agroflorestales: principios y aplicaciones en los trópicos**. São José: Organización para Estudios Tropicales, 2. ed., jun, 1992. 622 p.

MONTEITH, J. L.; ONG, C. K.; CORLETT, J. E.; Microclimatic interecations in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.45, p. 31-44, 1991.

MULLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BRANDÃO, I. C. S. F. L.; SERÔDIO, M. H. de C. F. (Ed.). **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira; Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 67 – 87, 2004.

NAIR, P.K.R. **An introduction to Agroforestry**. University of Florida, Gainesville, Florida, nov. 1992.

NARDELE, M.; CONDE, I.; **Apostila Sistemas Agroflorestais**. Cap 1. p.2-3, 2008. Disponível em < <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/apostila-agroflorest.pdf> >. Acesso em 21 mai. 2017.

NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N.; OLIVEIRA, S. M. P. de; MOURA, A. A. A. N. Efeito de estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.

NEPOMUCENO, A. N.; SILVA, I. C.; Caracterização de sistemas silvipastoris da região noroeste do estado do Paraná. **Floresta**. Curitiba/PR, v.39, n.2, p. 279-287, 2009.

NICODEMO, M. L. F.; SILVA, V. P. da.; THIAGO, L. R. L. de S.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; **Sistemas silvipastoris: introdução de árvores na pecuária do centro-oeste brasileiro**. Campo Grande: Embrapa Gado de corte, 2004. 37 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 146).

ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; JAMNADASS, R.; ANTHONY, S. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. 2009. Disponível em: < <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp> > Acessado em 17 abr. 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, fev. 2007.

PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, P. S. de. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, jun. 2011.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M. de; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. Br. Na região noroeste do Paraná**. Florianópolis, 1998. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril para a produção de carne. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente: anais**. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 297-327.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade pecuária. Uberaba: **Embrapa florestas**, 02, mai. 2009.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. P.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, J. A. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do estado do Paraná. In: Congresso brasileiro em sistemas agroflorestais, 2., 1998, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1998. p. 215-218.

R CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: RFoundation for Statistical Computing. 2014. Disponível em: < <http://www.R-project.org/> > Acesso em: 02 de maio de 2018.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R.; Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, n.212, p.61-67, 2001.

RIBASKI, J.; RIBASKI, S.A.G.; **Sistemas Agroflorestais na região sul do Brasil**. In: Simpósio sobre reflorestamento na região sudoeste da Bahia, 2. Ed. Campo Grande, jun. 2013.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; MORAES, S. O.; Van LIER, Q. J. Variação diária da temperatura do solo em um sistema agroflorestal de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com seringueiras (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4, 2005, Londrina, **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2005.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. In: **Agroforestry: Science, policy and practice**. Springer Netherlands, 1995. p. 5-55.

SANTOS, M.J.C.; PAIVA, S. N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Revista de Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p. 135-141, 2002.

SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; FONSECA, L.; MIGLIORINI, F.; COLETTI, V.; SOARES, A. B. Efeito de diferentes densidades arbóreas nas variáveis microclimáticas em um sistema silvipastoril. In.: I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária, **Anais...** Dois Vizinhos, out. 2007.

SINGH, A.K.; KUMAR, P.; SINGH, R.; RATHORE, N. Dynamics of tree-crop interface relation to their influence on microclimatic changes – a review. **HortFlora Research Spectrum**, Meerut, v.1, n.3, p.193-198, 2012.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, mar. 2009.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A. de; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoril systems with eucalyptus in rank with diferente Heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010.

TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, O. D. D. da; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.522-529, 2010.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: C.A.B. International, p.276, 1991.

ZANETTE, P.M.; KRUGER, M.G. **Sistema silvipastoril como alternativa para produção de bovinos de corte**. Guarapuava, 2011. Projeto de pesquisa de pós-graduação, Universidade Tuiuti do Paraná, p.20, 2011.

ZOCCAL, R.; SOZA, A. D. de; GOMES, A. T. Produção de leite na agricultura familiar. In: **Tecnologias alternativas para a produção de leite e derivados em bases sustentáveis**. Cap. 2. p. 19-29. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, 2005.