



**ALICE BARTELS FERNANDES**

**CRESCIMENTO INICIAL E DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR EM  
SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**LAVRAS-MG  
2021**

**ALICE BARTELS FERNANDES**

**CRESCIMENTO INICIAL E DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Felipe Schwerz  
ORIENTADOR  
Prof. Dr. Pedro Castro Neto  
COORIENTADOR

**LAVRAS-MG  
2021**

**ALICE BARTELS FERNANDES**

**CRESCIMENTO INICIAL E DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS**

**INITIAL GROWTH AND SOLAR RADIATION DYNAMICS IN AGRO-FOREST  
SYSTEMS**

Monografia apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Agronomia, para a  
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 03 de março de 2021.  
Prof. Dr. Felipe Schwerz UFLA  
Prof. Dr. Pedro Castro Neto UFLA  
Prof. Dr. Antônio Carlos Fraga UFLA  
Doutorando Rafael Peron Castro UFLA



---

Prof. Dr. Felipe Schwerz  
Orientador

Prof. Dr. Pedro Castro Neto  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**

*Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com meu desenvolvimento. Aos meus pais e minha irmã, que nunca mediram esforços para que meus sonhos fossem realizados. Aos professores Antônio Carlos Fraga, Felipe Schwerz e Pedro Castro Neto pelos conselhos e ensinamentos durante toda minha graduação. Às equipes do NEACLIM e G-ÓLEO, que sempre me ajudaram com esse projeto, em especial aos meus amigos Vitor Favareto, Gabriel Oliveira e Rafael Peron.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-ÓLEO), ao Núcleo de Estudos em Sistema de Plantio Direto (NESPD), ao Núcleo de Estudos em Climatologia e Agrometeorologia (NEACLIM) e ao Sítio Trovão.

Aos meus companheiros de trabalho, por sempre estarem dispostos a me ajudar.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Às instituições de fomento CAPES, RBTB, FAPEMIG, Finep, por sempre fornecerem recursos, direta ou indiretamente, para realização dos trabalhos científicos.

Às empresas PROCIPA e OLEA, que proporcionaram desafios e experiências muito engrandecedoras.

Aos professores Antônio Carlos Fraga, Felipe Schwerz e Pedro Castro Neto, pela orientação, paciência, conselhos e disposição para ajudar. Vocês foram mais que orientadores, os considero como minha família.

Aos meus pais, Gustavo e Vera, pelo amor e apoio incondicional, por sempre colocarem meus sonhos como suas metas, e a minha irmã Luísa.

Ao meu namorado, Lucas, que tanto me ajudou na instalação do experimento, e pelo companheirismo de sempre.

Aos amigos/irmãos que fiz em Lavras, sem o apoio de vocês essa caminhada não teria sido tão leve. Vocês foram responsáveis pelos melhores anos da minha vida.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

Os sistemas agroflorestais são caracterizados pela presença simultânea de uma, ou mais, espécies arbóreas e cultivos agrícolas, em uma mesma área. Sendo assim, visa a proximidade de ocorrência dos processos naturais, mas não é um manejo simples de ser feito, necessita de planejamento e execução. Por isso, se torna necessária a avaliação de como as espécies se comportam na região em estudo, diante desse sistema de produção. É necessário que haja entendimento da dinâmica do sistema, como as espécies se desenvolvem, o desempenho produtivo e o comportamento das condições meteorológicas no sistema agroflorestal. Essas características influenciam diretamente no propósito final de uso da terra. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento inicial das espécies *Moringa oleífera* Lam., *Coffea arabica* cv. Arara e *Brachiaria brizantha* e a dinâmica da radiação solar do sistema consorciado, bem como comparar a resposta dessas espécies com o cultivo solteiro. As mudas de moringa solteira foram estabelecidas em janeiro de 2018, já as espécies do sistema agroflorestal e o café solteiro, em janeiro de 2020, no Sítio Trovão, município de Ijací-MG. O experimento foi composto por três áreas distintas: o manejo integrado, cultivo de café solteiro e moringa solteira. Para realizar as avaliações, foram selecionadas plantas homogêneas e representativas dentro da área de estudo. Foram realizadas avaliações mensais nos diferentes sistemas de cultivo, exceto no cultivo solteiro de moringa, que as avaliações foram realizadas a cada três meses. Para o café e moringa em sistema integrado foram mensuradas as seguintes variáveis: altura de planta; diâmetro do colo; diâmetro à altura do peito; projeção da copa; radiação solar e temperatura do ar. Quando se trata apenas do café, foi feita a avaliação do número de folhas e o tamanho médio das mesmas, o que permitiu a estimativa da área foliar do cafeeiro. Todas as avaliações que foram realizadas no sistema integrado se repetiram no sistema solteiro. Para a brachiaria, presente no sistema integrado, foi avaliado a massa fresca e massa seca, bem como as variáveis meteorológicas. A moringa e o café apresentaram resultados semelhantes quanto ao crescimento. Até o mês de março, foi possível observar uma tendência crescente das médias relacionadas às variáveis de crescimento, o que ocasionou interações distintas das plantas nos diferentes tratamentos e, portanto, nas variáveis meteorológicas. Após maio, as plantas também responderam de forma semelhante, em virtude da estiagem, que ocasiona queda das folhas, e assim, redução da interação entre as mesmas. Isso pôde ser observado diante da pequena variação das variáveis meteorológicas entre o tratamento consorciado e monocultivo. A Brachiaria apresentou rápido crescimento e proporcionou boa cobertura do solo, mas sofreu influência das roçadas e da seca. Não foi possível encontrar diferença relevante nas observações do crescimento inicial e dinâmica da radiação solar das espécies cultivadas em sistema agroflorestal e monocultivo, uma vez que as plantas estão em fase inicial de crescimento e as interações não foram suficientes para modificar o ambiente de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agrometeorologia. *Moringa oleífera*. *Coffea arabica*.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Preparo e implantação das mudas de café no sistema de cultivo agroflorestal e monocultivo.....                                                                                                      | 14 |
| Figura 2 - Sistema agroflorestal implantado com as espécies Café, Moringa e Brachiaria.....                                                                                                                    | 15 |
| Figura 3 - Café implantado no sistema monocultivo.....                                                                                                                                                         | 16 |
| Figura 4 - Croqui da área representada pelo Sistema Agroflorestal.....                                                                                                                                         | 16 |
| Figura 5 - Avaliações de radiação solar e temperatura do ar em um sistema de monocultivo de Moringa.....                                                                                                       | 17 |
| Figura 6 - Avaliações de radiação solar e temperatura do ar no sistema agroflorestal com as espécies Moringa, Café e Brachiaria.....                                                                           | 19 |
| Figura 7 - Metodologia realizada para avaliação das variáveis meteorológicas.....                                                                                                                              | 19 |
| Figura 8 - Avaliações de crescimento no sistema agroflorestal com as espécies Moringa, Café e Brachiaria.....                                                                                                  | 21 |
| Figura 9 - Coleta de plantas para determinação da matéria seca da Brachiaria no sistema agroflorestal.....                                                                                                     | 22 |
| Figura 10 - Adubação de cobertura na cultura do café cultivado em sistema agroflorestal e monocultivo.....                                                                                                     | 23 |
| Figura 11 - Manutenção do experimento com roçada e coroamento das plantas de Café e Moringa.....                                                                                                               | 24 |
| Figura 12 - Apresentação e aula prática para estudantes de graduação e pós-graduação, no sentido de formar novos extensionistas e apresentar novos sistemas de produção que visem à produção de alimentos..... | 34 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - Altura de plantas e número de folhas da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.....                                                                  | 25 |
| Gráfico 2 - Precipitação acumulada ( <i>mm</i> ) dos meses de julho de 2019 a agosto de 2020 coletada na Estação Climatológica Principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET).....                                                  | 26 |
| Gráfico 3 - Diâmetro do caule e projeção da copa da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.....                                                                  | 27 |
| Gráfico 4 - Estimativa da área foliar da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.....                                                                             | 27 |
| Gráfico 5 - Interceptação da radiação solar por plantas de café durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.....                                                                     | 29 |
| Gráfico 6 - Altura de plantas, diâmetro do caule, número de ramos e projeção da copa de plantas de Moringa durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).....                                        | 30 |
| Gráfico 7 - Temperatura do ar e interceptação da radiação solar por plantas de moringa durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).....                                                            | 31 |
| Gráfico 8 - Temperatura máxima, média e mínima dos meses de julho de 2019 a agosto de 2020, coletada na Estação Climatológica Principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET) e da estação meteorológica de São João Del Rei-MG..... | 31 |
| Gráfico 9 - Interceptação da radiação solar e temperatura do ar de plantas de Brachiaria durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).....                                                          | 32 |
| Gráfico 10 - Massa seca de plantas de Brachiaria durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).....                                                                                                  | 33 |



## SUMÁRIO

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.INTRODUÇÃO.....                                                                | 01 |
| 1.1. Objetivos.....                                                              | 04 |
| 2.DESENVOLVIMENTO.....                                                           | 06 |
| 2.1.Revisão de literatura .....                                                  | 06 |
| 2.1.2.Cultura da Moringa.....                                                    | 06 |
| 2.1.3.Cultura do Café.....                                                       | 07 |
| 2.1.4.Arborização das lavouras cafeeiras .....                                   | 09 |
| 2.1.5.Braquiária no sistema de produção.....                                     | 10 |
| 2.1.6.Sistemas Agroflorestais (SAF's) .....                                      | 11 |
| 2.1.7.Comportamento de variáveis meteorológicas em sistemas agroflorestais ..... | 12 |
| 3. METODOLOGIA.....                                                              | 13 |
| 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                   | 25 |
| 5.CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                     | 34 |
| 6.Referências Bibliográficas.....                                                | 36 |

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais consistem no uso integrado da terra para fins de produção agrícola, florestal e pecuária. Esta integração pode ocorrer de forma simultânea ou em sequência temporal, de acordo com a finalidade do sistema. A utilização de diferentes espécies no mesmo local de cultivo pressupõe a ocorrência de interações dinâmicas, que variam ao longo do tempo, de acordo com o crescimento e as características intrínsecas de cada espécie utilizada.

Os sistemas agroflorestais são sistemas alternativos de produção, que visam promover o equilíbrio entre a produção agrícola e florestal (SCHWERZ *et al.*, 2018), sem ameaçar os agroecossistemas existentes. Neste caso, são cultivados simultaneamente em uma mesma área espécies agrícolas e florestais.

O cultivo integrado, como os sistemas agroflorestais, tem emergido na agricultura como uma alternativa mais sustentável de produção, na qual tem-se a intensificação no uso da terra, inserção de áreas marginalizadas ao sistema produtivo, redução na exploração de novas áreas, o que auxilia na manutenção dos biomas (SCHWERZ *et al.*, 2017; SGARBOSSA *et al.*, 2018). Além disso, estudos têm demonstrado que o cultivo em sistemas agroflorestais tem favorecido a reconstrução química e biológica dos solos, aumentado o sequestro de carbono, a ciclagem de nutrientes, bem como auxiliado na diluição dos custos de instalação de uma agroflorestal (SALTON *et al.*, 2014).

A presença de componentes florestais arbóreos nos sistemas agroflorestais, adicionados a uma grande biodiversidade de espécies, propicia a deposição contínua de resíduos vegetais, o que facilita a manutenção da matéria orgânica do solo afetando diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (NORGROVE *et al.*, 2009). Além disso, os sistemas agroflorestais proporcionam benefícios ambientais, como a conservação da biodiversidade, o sequestro de carbono e a melhoria no controle de qualidade da água (MCNEELY; SCHROTH, 2006; NAIR, 2008).

O desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes e menos dependentes de

defensivos químicos é um dos grandes desafios buscados a nível mundial. Diante do aumento da população mundial, acompanhado pela maior demanda de alimentos, energia e a degradação dos recursos naturais disponíveis, a eficiência no aproveitamento do uso do solo torna-se uma alternativa potencial para atender tal demanda. Para tanto, tem-se despertado interesse no estudo e adoção de sistemas alternativos renováveis de produção de alimentos e energia. Uma das alternativas possíveis é o uso de sistemas agroflorestais.

Esse sistema integrado do uso da terra pode contribuir para a variabilidade econômica dos pequenos produtores rurais, em função da melhoria da qualidade de vida das comunidades através da diversificação da produção, bem como ampliando alternativas alimentares de subsistência.

Segundo Vivan e Fioriani (2006), os sistemas agroflorestais têm sido cada vez mais importantes no Brasil como estratégia-piloto de desenvolvimento sustentável em ecossistemas ameaçados.

Neste mesmo contexto, de acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012<sup>1</sup>, pequenas propriedades rurais podem utilizar plantios de sistemas agroflorestais em suas áreas de preservação permanente (APP) e reservas legais (RL), desde que esses sistemas sejam submetidos ao plano de manejo sustentável. Tal fato pode alavancar a aceitação e implantação de sistemas agroflorestais pelos produtores. Assim, tornam-se indispensáveis pesquisas direcionadas e específicas a respeito da resposta das plantas cultivadas nestes sistemas e as interações existentes a fim de gerar informações aos produtores rurais.

A estrutura básica dos sistemas agroflorestais é formada por seus constituintes e sua disposição na área de cultivo. Dada a grande diversidade de combinações espaciais e temporais possíveis, os SAFs se tornam sistemas altamente complexos que necessitam de uma abordagem multidisciplinar. Ainda, a possibilidade de exploração de diferentes estratos pode implicar em uma maior captura e aproveitamento da radiação solar, e consequentemente, maior produção de biomassa. Neste sentido, torna-se importante o

---

<sup>1</sup> BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da República**, Brasília, DF. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: janeiro/2021.

entendimento da radiação solar e sua interação com os diferentes estratos.

O crescimento das plantas ocorre em função da matéria seca acumulada pela fotossíntese. A produção de fitomassa em plantas depende da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas, e a eficiência pela qual as folhas podem converter e assimilar a radiação solar através da fotossíntese (MONTEITH, 1972; SINCLAIR, 1975).

Em sistemas agroflorestais, devido ao crescimento contínuo em altura e diâmetro da copa da espécie arbórea ao longo do tempo, ocorre uma modificação no microclima do sub-bosque do sistema de cultivo, principalmente, nos balanços energético e hídrico. O aumento da área foliar das árvores aumenta a interceptação da radiação solar e, conseqüentemente, reduz a sua disponibilidade para as culturas que estão presentes no sub-bosque. A redução da radiação solar condiciona outros elementos meteorológicos, como a temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, umidade e temperatura do solo.

Entre as variáveis meteorológicas, a radiação solar e a temperatura do ar são as principais condicionantes do crescimento e desenvolvimento das plantas em sistemas agroflorestais (ELLI *et al.*, 2016; SCHWERZ *et al.*, 2018; SCHWERZ *et al.*, 2020). A radiação solar é responsável pelo fornecimento de energia radiante para o processo fotossintético, e conseqüentemente, produção de matéria seca das plantas. A temperatura modifica a taxa transpiratória, bem como a atividade metabólica das plantas.

A presença do componente arbóreo no sistema agroflorestal exerce grande influência nas interações entre seus componentes. As interações ocorrem no espaço e no tempo, o que torna o sistema mais complexo (LUEDELING *et al.*, 2016). Segundo Nair (1993), a dinâmica da radiação solar nos sistemas agroflorestais é dependente das características das espécies utilizadas, as quais determinam uma maior ou menor interação árvore-cultura. Ainda, estudos relatam que a disponibilidade de radiação solar no sub-bosque dos SAFs se dá em função da proximidade das árvores (ONG *et al.* 1996), altura das árvores (REIFSNYDER; DARNHOFER, 1989), natureza e estrutura da copa das árvores, posição do sol, latitude e altitude (ONG *et al.*, 1996; BERLYN ; CHO,

2000).

As árvores e as culturas interagem pela captura dos recursos tais como radiação solar, água e nutrientes, podendo essas interações ser de natureza competitiva ou complementar (ONG, 1996)<sup>2</sup>. As árvores (estrato superior) podem ocupar espaços e aproveitar recursos não utilizados pelas culturas (estrato inferior), e o sistema, como um todo, pode ser mais eficiente na aquisição desses recursos do que os monocultivos, por exemplo. Podendo haver desta forma complementaridade do sistema em virtude da maior produção biológica e econômica do que os mesmos componentes cultivados isoladamente na mesma área (BERNARDES *et al.*, 2009; RIGHI, 2000).

A partir da importância das variáveis meteorológicas e suas inter-relações frente ao crescimento vegetal e as respostas da planta, torna-se relevante o estudo da influência das variáveis meteorológicas no crescimento das espécies em sistemas agroflorestais, de modo que essas informações possam auxiliar no planejamento, tomada de decisão, realização de tratos culturais, gerando deste modo, resultados produtivos satisfatórios.

### 1.1.Objetivos

O presente estudo teve como objetivo avaliar as espécies *Moringa oleífera* L., *Coffea arabica* L. cultivar Arara e a *Brachiaria brizantha* cultivadas em sistema agroflorestal. Seus objetivos específicos foram:

- Avaliar a influência das condições meteorológicas sobre o crescimento das espécies cultivadas em sistema agroflorestal.
- Analisar a dinâmica da radiação solar no sistema agroflorestal, a fim de definir estratégias de manejo ideais.
- Promover visitas técnicas, dias de campo e aulas práticas para agricultores, técnicos, extensionista, estudantes de graduação e pós-graduação, no sentido de

---

<sup>2</sup> ONG, C.K. *et al.* **Principles of resource capture and utilization of light and water**. 1996, pp. 73–158, Disponível em: <http://outputs.worldagroforestry.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=36137#>. Acesso em: dezembro/2020.

formar novos extensionistas e melhorar a qualidade dos alimentos produzidos.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1.1. Revisão de literatura**

### **2.1.2. Cultura da Moringa**

A *Moringa Oleífera* é uma planta pertencente a família Moringaceae, originada na Índia, mas amplamente difundida pelo mundo. Se trata de uma espécie arbórea, perene, pouco exigente quanto ao clima e fertilidade, se desenvolvendo bem em diferentes regimes de chuva e tipos de solo (ANWAR *et al.*, 2007).

A rusticidade da Moringa está relacionada com suas características morfológicas, suas raízes são pivotantes, profundas e tuberosas, capazes de buscar água e nutrientes em profundidade, além de acumular nutrientes. Essa é uma grande vantagem agrícola, uma vez que aumenta a resiliência do sistema de produção (PINTO *et al.*, 2018).

Quando se trata do Brasil, o cultivo está mais concentrado no Nordeste, principalmente por ser uma planta adaptada às condições de estiagem do local, podendo ser utilizada como uma forrageira alternativa para alimentação animal (SOBRAL *et al.*, 2020).

A planta apresenta diversos benefícios e aplicações, envolvendo a saúde, nutrição, agricultura e o meio ambiente. É composta por uma grande variedade e altas concentrações de vitaminas, antioxidantes, aminoácidos essenciais, nutrientes e sais minerais, assim como possui propriedades medicinais, terapêuticas e usos interessantes para a indústria (RANGEL, 1999).

Além disso, a moringa possui propriedade coagulante, suas sementes podem ser uma estratégia no tratamento natural de água (SILVA *et al.*, 2005) e no uso como espessante na indústria alimentícia (CARDINES *et al.*, 2018).

A semente da *Moringa oleífera* Lam., cultivar mais conhecida, é rica em óleos, em torno de 40% da sua composição, logo é interessante para a produção de biocombustíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Neste contexto, pode ser utilizada para

melhorar a qualidade do biodiesel e desacelerar sua oxidação (FILHO *et al.*, 2012).

Na agricultura é usada, principalmente, como cerca-viva e quebra-vento (JAHN, 1986). A Moringa pode ser utilizada também no controle natural de agentes fitopatogênicos importantes (GUIMARÃES, 2014) e como inseticida de importantes insetos fitófagos (KAMEL, 2010). Isso ocorre graças a um composto presente nas plantas de moringa, chamado de Lectina, que também tem ação larvicida contra o mosquito *Aedes aegypti* (OLIVEIRA, 2016). Além disso, estudos vem sendo feitos sobre o efeito alelopático da Moringa na supressão de plantas daninhas.

Observa-se que é uma planta que vem ganhando destaque no cenário agrícola. Também tem um papel importante no desenvolvimento sustentável, já que pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas ou consorciada com outras culturas de importancia agropecuária, podendo compor áreas destinadas a Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) (CASTRO, 2017) ou à Sistemas Agroflorestais.

Uma das grandes vantagens da utilização da Moringa em sistemas agroflorestais é o rápido crescimento de copa e a possibilidade da realização de podas na fase inicial de estabelecimento e periodicamente, após atingir sua fase produtiva, variando de acordo com a cultivar (JESUS *et al.*, 2013). Isso faz com que a planta possa ser moldada, de acordo com a necessidade de radiação solar, para o desenvolvimento das demais culturas, sem que haja competição com a Moringa.

Novos estudos estão sendo conduzidos com a Moringa em Minas Gerais, com o objetivo de avaliar o comportamento da planta em sistema consorciado, assim como promover estratégias de manejo ideias para a condução da mesma na região. Tais estudos demonstram a viabilidade e a importância da fomentação do cultivo da Moringa no estado.

### **2.1.3. Cultura do Café**

O Cafeeiro é uma planta pertencente a família Rubiaceae, que possui o centro de



origem em sub-bosques da Etiópia. Os grãos, colhidos e torrados, formam uma bebida popular desde o século 17. Desde então, se transformou em um produto comercial agrícola de destaque. Em 1927, o café chegou ao Brasil, local que, alguns anos mais tarde, se tornou o maior produtor do mundo, ocupando essa posição no *ranking* mundial, desde então (RUFINO, 2006).

É uma espécie de planta adaptada a elevadas altitudes, temperaturas moderadas, bastante exigente em fertilidade do solo e disponibilidade hídrica. Além disso, as condições agrometeorológicas são fatores determinantes na produtividade da lavoura, incidência de agentes fitopatogênicos, pragas e qualidade de bebida (CAMARGO; PEREIRA, 1994).

Existem duas espécies de cafeeiro comercializadas: *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (Café Robusta). Elas apresentam diversas diferenças entre si, dentre elas pode-se citar que o primeiro apresenta maior qualidade de bebida, menor rusticidade e maior aceitação mundial, já que seu sabor adocicado, permite que ele seja consumido puro. Já o segundo, possui uma bebida de qualidade inferior, maior rusticidade e maior rendimento, o que deixa o custo de produção mais acessível. Por isso, é usado em misturas (blends) de café e na composição de cafés solúveis. (SOUZA *et al.*, 2004.)

O cafeeiro arábica é caracterizado por ser uma espécie arbustiva e perene. É composto por ramos dimórficos, o principal no sentido vertical (ortotrópico) e as ramificações horizontais laterais (plagiotrópicos), onde normalmente encontram-se as folhas e estruturas reprodutivas (ALVES, 2003).

Uma cultivar de *Coffea arabica* que vem ganhando espaço no mercado é a Arara. Ela apresenta características importantes para facilitar o manejo da cultura, como a resistência a um patógeno causador da Ferrugem-do-café (*Hemileia vastatrix*), que afeta significativamente a produção cafeeira no Brasil. Essa não é sua única qualidade, a cultivar atinge boas produtividades, qualidade de bebida e apresenta pequeno porte, facilitando a colheita (MATIELLO *et al.*, 2018).

Fisiologicamente, é uma planta de metabolismo C3, isto é, o primeiro composto formado na fotossíntese possui três carbonos. Isso faz com que ela não seja eficiente na

fotossíntese, uma vez que a enzima Rubisco, responsável pelo processo de fixação de carbono, pode se ligar ao oxigênio e realizar fotorespiração ao invés de produzir açúcar (VIEIRA *et al.*, 2010).

Diferente das plantas C4, que não sofrem ação do oxigênio e são adaptadas a condições de elevada radiação e temperatura, as plantas C3 sofrem uma queda na taxa fotossintética sob essas circunstâncias (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008). Isso ocorre especialmente com o cafeeiro, que atinge o ponto de saturação da fotossíntese, quanto a radiação, facilmente (FAHL; CARELLI, 1994). Logo, performam melhor sob temperatura e luminosidade moderada.

Dito isso, o sombreamento, utilizando outras espécies arbóreas, pode ser considerada uma estratégia de manejo interessante. No entanto, estudos precisam ser realizados, para avaliar as interações existentes e a viabilidade de tais sistemas de produção.

#### **2.1.4. Arborização das lavouras cafeeiras**

A arborização dos cafezais, isto é, o sombreamento parcial da lavoura, se bem manejada, permite que o cafeeiro receba a quantidade ideal de radiação solar, garante a formação de um microclima mais benéfico, com maior ciclagem de nutrientes e reduz os efeitos maléficos da velocidade do vento e de altas temperaturas. Além disso, tem impacto positivo nos problemas causados por chuvas intensas, aumenta infiltração de água no solo e torna o ambiente mais competitivo contra plantas invasoras. Quando se trata de vantagens econômicas, vale ressaltar que o produtor que diversifica a produção corre menos riscos, além de poder gerar capital em diferentes épocas do ano (ALVARENGA *et al.*, 2004).

Essa estratégia também favorece o desenvolvimento e a maturação uniforme dos frutos, consequentemente produz uma bebida de qualidade superior (LUNZ, 2005).

Para que essas vantagens sejam atendidas, é necessário que haja um

sombreamento adequado e que a competição por radiação solar entre as espécies seja mínima. Através da experimentação, foi possível observar que, o melhor desempenho do cafeeiro ocorre em condições entre 23 e 38% de sombra, sendo que, a partir de 48%, os resultados são bastante negativos (SOTO-PINTO *et al.*, 2000).

Os benefícios do sombreamento são mais perceptíveis em locais de condições adversas de temperatura. Caso contrário, sob condições climáticas adequadas, alguns trabalhos demonstram que cafezais a pleno sol produzem mais que cafezais sombreados (MANCUSO; SORATTO; PERDONÁ, 2013).

Vale ressaltar que, é fundamental que seja feito o posicionamento de cultivares adaptadas às condições propostas e a correta escolha das espécies que vão compor o sistema, uma vez que características fisiológicas importantes são alteradas sob diferentes porcentagens de sombreamento e a resposta é diferente, de acordo com as cultivares de café (FREITAS *et al.*, 2003).

#### **2.1.5. Braquiária no sistema de produção**

A braquiária possui um desenvolvimento de raízes bastante vigoroso. Seu sistema radicular é capaz de absorver água e nutrientes nas camadas profundas do solo. Isso faz com que a planta possua elevada capacidade de resiliência e tolerância a condições adversas, como o déficit hídrico. Esses benefícios não agregam apenas para a espécie em si, mas para todas aquelas que compõem o sistema com a braquiária. Além das raízes, a elevada quantidade de matéria seca produzida, permite a geração de uma boa palhada, capaz de proteger o solo contra erosão e manter as suas propriedades químicas, físicas e biológicas (BARDUCCI *et al.*, 2009).

Diversos são os benefícios da utilização de uma planta de cobertura, como a braquiária, nas entrelinhas de uma lavoura cafeeira. Dentre elas, está a ciclagem de nutrientes, em que, no processo de decomposição, após sua roçada, a planta disponibiliza os elementos químicos de sua estrutura e aumenta a fertilidade do solo. Isso ocorre

principalmente com o nitrogênio, que é um nutriente muito importante para o sucesso da cultura (GONÇALVES *et al.*, 2019).

A palha produzida, também age de forma positiva em outros fatores limitantes à produção do cafeeiro, como o déficit hídrico e altas temperaturas. Isso é possível uma vez que a cobertura ajuda a reter a umidade do solo, reduzir a evapotranspiração (ROCHA *et al.*, 2008) e manter a temperatura mais amena. A adição de palha no sistema é suficiente para reduzir a temperatura do solo em, no mínimo, 3°C. (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Além das vantagens citadas anteriormente, a cobertura com palha de *U. Ruziziensis* é uma estratégia de manejo cultural, capaz de realizar a supressão de plantas daninhas, principalmente aquelas que são fotoblásticas positivas, em mais de 90% (BORGES *et al.*, 2014). O que torna essa alternativa sustentável, já que reduz gastos com herbicidas.

A braquiária pode ser utilizada em sistemas consorciados, sem afetar seu desenvolvimento. Segundo estudos, a planta tolera bem a sombra, apresentando maior produção com 50% de sombreamento e reduzindo conforme o aumento dessa porcentagem (MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

#### **2.1.6. Sistemas Agroflorestais (SAF's)**

Sistemas Agroflorestais são uma alternativa de uso da terra que, em um mesmo local, são cultivadas espécies arbóreas, culturas de interesse agrícola e/ou espécies forrageiras. É uma atividade realizada, na maioria das vezes, pela agricultura familiar e pequenos produtores, que, para que haja maior benefício, carece de técnicas de manejo mais aprimoradas (ABDO *et al.*, 2008).

Dentre suas vantagens, se destacam a importância social, ambiental e econômica. Pode-se citar algumas delas, como a geração de emprego e renda, elevada sustentabilidade, proteção e melhoria das condições do solo, incremento na produtividade, conservação da fauna e flora e redução da sazonalidade agrícola

(MÜLLER; GAMA-RODRIGUES, 2007).

Tendo em vista que a composição de plantas é bastante diversa, em um único espaço, a complexidade do sistema também é grande. Cada espécie interage de uma maneira particular ao ecossistema formado, podendo essa interação ser positiva ou negativa, dependendo do aspecto analisado. Isso reflete diretamente no desenvolvimento das plantas, na estratégia de manejo que deve ser adotada e na escolha dos organismos que irão compor o ambiente (SÁ, 1994).

#### **2.1.7. Comportamento de variáveis meteorológicas em sistemas agroflorestais**

O aproveitamento da água da chuva em sistemas agroflorestais é maior, quando comparado a sistemas convencionais. Isso ocorre, pois a cobertura do solo e a vegetação, ocupando uma maior parte do terreno, reduzem o escoamento superficial e aumentam a quantidade de água interceptada e infiltrada. Em sistemas compostos por árvores e café, a quantidade de água armazenada no solo foi suficiente para atender as demandas das plantas em período de estiagem e, nos períodos de abundância, abasteceu o lençol freático. Além disso, os SAF's são capazes de amenizar a temperatura do solo e atmosférica, assim como proporcionar menor amplitude térmica. Isso ocorre quanto maior for o sombreamento, ou seja, menor a incidência de radiação (CARVALHO, 2011).

Como citado anteriormente, nem sempre essa interação é positiva. Pelo contrário, se o sistema for mal manejado, pode haver competição entre as espécies. Caso o sombreamento seja excessivo, ocorre um efeito maléfico sob as plantas inferiores. A radiação é um elemento fundamental para realização da fotossíntese, sendo que, a quantidade de energia transformada pelas plantas em carbono orgânico, depende diretamente da quantidade e qualidade da luz disponível. Logo, em condições de sombra acima do ideal, as plantas menores podem produzir menos, já que recebem luz de qualidade inferior. Quando se trata da água, é variável de acordo com as espécies e os

sistemas radiculares que elas apresentam, mas, em uma região que o balanço hídrico não é favorável e as espécies possuem raízes de mesmo tamanho, pode haver uma competição drástica (CARAMORI *et al.*, 2004).

Os SAF's também interferem na velocidade do vento, uma vez que as árvores funcionam como quebra-ventos. Principalmente na fase inicial de desenvolvimento das culturas, a redução da intensidade de vento é muito importante, já que, utilizando o café como exemplo, velocidades maiores que  $2\text{m.s}^{-1}$  podem afetar o desenvolvimento, crescimento, taxas de transpiração e demanda de água pela planta. Além de causar danos mecânicos (CARAMORI *et al.*, 1986).

### 3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em um experimento de campo, implantado próximo a Universidade Federal de Lavras, localizado no Sítio Trovão, S/N, Zona Rural, Ijaci, MG, CEP 37205000, Brasil.

A implantação do café foi realizada no dia 22 de Janeiro de 2020 (Figura 1). O preparo da cova se deu com o uso de um perfurador de solo, acoplado ao trator. A cova apresentava dimensões de 40 cm de profundidade e 30 cm de diâmetro. No momento da implantação, realizou-se a adubação com o fertilizante Super simples, sendo aplicado 80 gramas por cova, e 500 gramas de composto orgânico. O plantio foi realizado entre as plantas de Moringa e no cultivo solteiro. A cultivar utilizada foi a Arara, desenvolvido pela Fundação Procafé. Esta cultivar apresenta ciclo de maturação dos frutos tardio, alta produtividade e qualidade de bebida, bem como resistência a ferrugem do cafeeiro.

Figura 1 - Preparo e implantação das mudas de café no sistema de cultivo agroflorestal e monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

Os sistemas de cultivo avaliados podem ser observados nas Figuras 2 e 3. O sistema agroflorestal é composto pelas espécies *Moringa oleífera* Lam., *Coffea arabica* L. cultivar Arara e a *Brachiaria brizantha*. O arranjo do sistema agroflorestal foi composto pelo cultivo da Moringa espaçado a 3x2,5 m. Entre as plantas de Moringa, foi implantado o café, espaçado a 0,8 m entre as plantas. Nas entre linhas de Moringa e Café, foi implantado a *Brachiaria* (Figura 4). Além disso, em área separada no experimento, foi implantado o cultivo solteiro de café, com o mesmo espaçamento, e nas entre linhas o cultivo de *Brachiaria* (Figura 3).

Figura 2 - Sistema agroflorestal implantado com as espécies Café, Moringa e Brachiaria.



Fonte: Do autor (2020).



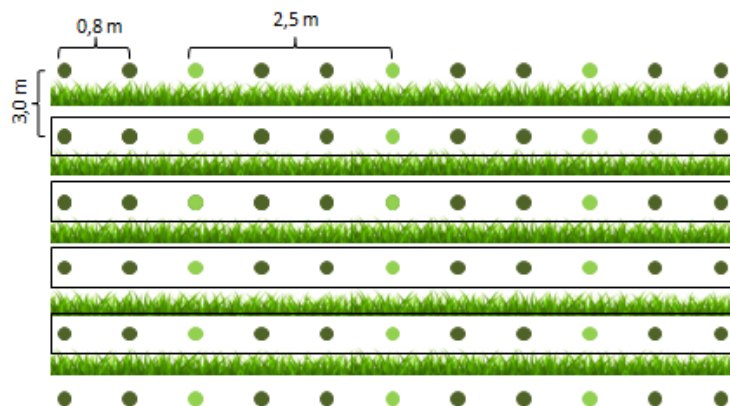
Figura 3 - Café implantado no sistema monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

Na Figura 4, as plantas de moringa estão representadas pelo círculo na cor verde claro e o café pelo círculo verde escuro. A brachiaria está representada nas entre linhas. Observa-se que, no arranjo do sistema, há duas plantas de café para cada uma de moringa.

Figura 4 - Croqui da área representada pelo Sistema Agroflorestal.



Fonte: Do autor (2020).

Na Figura 5, é possível observar as avaliações na Moringa cultivada em sistema solteiro, sem a presença de plantas de café. Este experimento já vem sendo conduzido desde Dezembro de 2017. A partir da aprovação deste plano de trabalho no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica do CNPq (agosto/2019), iniciou-se a avaliação trimestral de crescimento e das variáveis meteorológicas (Figura 5).

Figura 5 - Avaliações de radiação solar e temperatura do ar em um sistema de monocultivo de Moringa.



Fonte: Do autor (2020).

Com os três diferentes sistemas já implantados, iniciou-se o planejamento das avaliações, isto é, foram escolhidas plantas homogêneas e representativas das áreas de estudo, que foram marcadas, para posterior avaliação.

A divisão dos experimentos foi realizada em linhas de cultivo. A área contendo o sistema consorciado foi dividida em 4 linhas de avaliação, sendo avaliadas 16 plantas de

moringa e 20 de café. Para o sistema solteiro de café, a área também foi dividida em 4 linhas, sendo avaliadas 12 plantas no total. Por fim, o cultivo solteiro de moringa, foi dividido em 6 linhas, sendo que três plantas por linha foram avaliadas, totalizando 18 plantas.

As avaliações de radiação solar e temperatura do ar foram realizadas mensalmente, após o estabelecimento do experimento, com o auxílio de um medidor de radiação solar portátil e um termômetro digital infravermelho, respectivamente (Figura 6). A medida das variáveis meteorológicas foi realizada sempre no mesmo horário do dia (entre as 10 horas da manhã até às 14 horas da tarde). A medida foi feita em quatro posições, considerando a projeção da copa das plantas, sempre sendo feita junto ao colo da planta e iniciando pelo lado direito do avaliador, quando ele estava em frente à planta (Figura 7). Além da medida feita na superfície do solo, foram realizadas medições das variáveis no sistema, com distância aproximada de 1m do solo. Vale ressaltar que, o aparelho medidor de radiação, sempre foi posicionado o mais vertical possível, para não influenciar na coleta de dados.

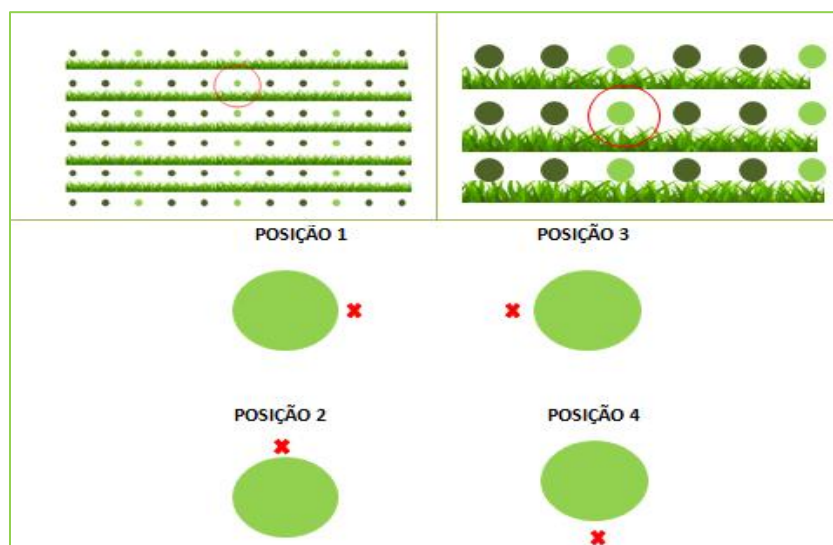


Figura 6 - Avaliações de radiação solar e temperatura do ar no sistema agroflorestal com as espécies Moringa, Café e Brachiaria.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 7 - Metodologia realizada para avaliação das variáveis meteorológicas.



Fonte: Do autor (2020).

As avaliações de crescimento foram realizadas mensalmente, após o estabelecimento do experimento (Figura 8). As variáveis mensuradas foram: Altura da planta; diâmetro do colo; diâmetro à altura do peito, se a planta fosse maior que 140 cm, e projeção da copa (horizontal e vertical). Para a moringa, houve a contabilização também do número de ramos. Quando se trata apenas do café, foi feita a avaliação do número de folhas e o tamanho médio das mesmas, em cada planta selecionada. Para isso, foi analisado, com o auxílio de uma trena, o comprimento e largura de três folhas representativas, sendo uma de cada terço da planta, o que permitiu a estimativa da área foliar do cafeeiro.

A estimativa de área foliar foi feita através da seguinte equação (ANTUNES *et al.*, 2008):

$$AF: 0,6626 (LW)^{1,0116}$$

Sendo que: AF: Área foliar (cm<sup>2</sup>); L: Largura da folha (cm) e W: Comprimento da folha (cm).

Figura 8 - Avaliações de crescimento no sistema agroflorestal com as espécies Moringa, Café e Brachiaria.



Fonte: Do autor (2020).

Toda a proposta citada para o café e moringa foi realizada, tanto no cultivo consorciado, quanto no solteiro dessas mesmas espécies, para que fosse feita a comparação de resposta das plantas, de acordo com o sistema proposto.

Para avaliar o crescimento da Brachiaria, foi realizada a coleta mensal de plantas e quantificação da matéria seca. Para realizar essa avaliação, demarcaram-se parcelas específicas de um metro quadrado, onde todas as plantas contidas nesta área foram coletadas e avaliadas (Figura 9). Dito isso, foram feitas avaliações da massa fresca e massa seca de Brachiaria, ambas pesadas com o auxílio de uma balança de precisão, sendo a última, após ser colocada em estufa de secagem e esterelização a 52°C, até atingir massa constante.

Figura 9 - Coleta de plantas para determinação da matéria seca da Brachiaria no sistema agroflorestal.



Fonte: Do autor (2020)

A adubação de cobertura foi realizada no dia 31/03/2020, 2 meses após o plantio das mudas (Figura 10). Foi utilizado o adubo formulado NPK (30-0-18). É importante destacar que, algumas plantas apresentaram sinais de queimadura proporcionada pelo adubo, principalmente devido a falta de umidade do ar e solo. No entanto, tal fato não limitou a continuidade da avaliação do experimento.



Figura 10 - Adubação de cobertura na cultura do café cultivado em sistema agroflorestal e monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

A manutenção do experimento foi realizada sempre que necessário. A roçada e coroamento das plantas foram realizados manualmente (Figura 11).



Figura 11 - Manutenção do experimento com roçada e coroamento das plantas de Café e Moringa.



Fonte: Do autor (2020).

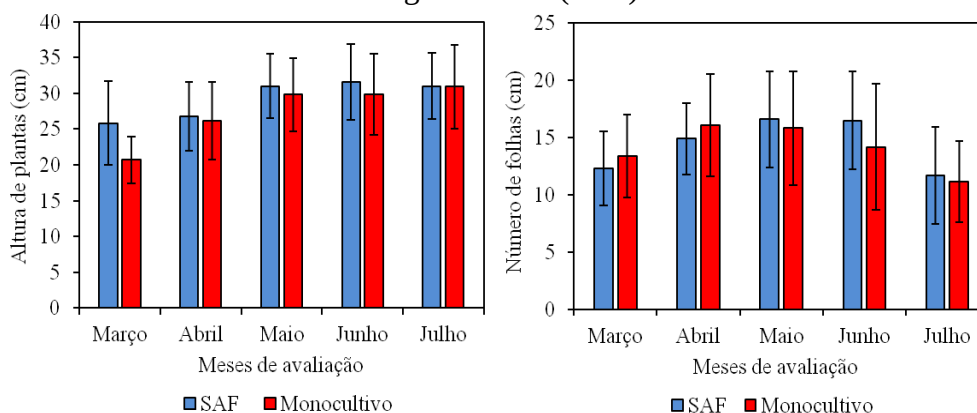
Torna-se importante ressaltar que, os dados coletados até aqui se referem ao crescimento inicial, em virtude da implantação recente do experimento. Neste sentido, os dados de crescimento e as variáveis meteorológicas não foram submetidos à análise estatística, pois o objetivo foi apenas a caracterização dos sistemas avaliados.

#### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados foram obtidos a partir dos dados iniciais de crescimento das espécies cultivadas em sistema agroflorestal e da coleta das variáveis meteorológicas.

É possível observar no Gráfico 1, que as plantas de café apresentaram uma altura média de 30 cm após 6 meses de transplântio das mudas. Ainda, não foi possível encontrar diferença nas observações das variações entre o sistema agroflorestal e o monocultivo de café, em virtude das plantas ainda estarem em estágio inicial de crescimento. Isso demonstra a necessidade da continuação deste projeto.

Gráfico 1 - Altura de plantas e número de folhas da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.

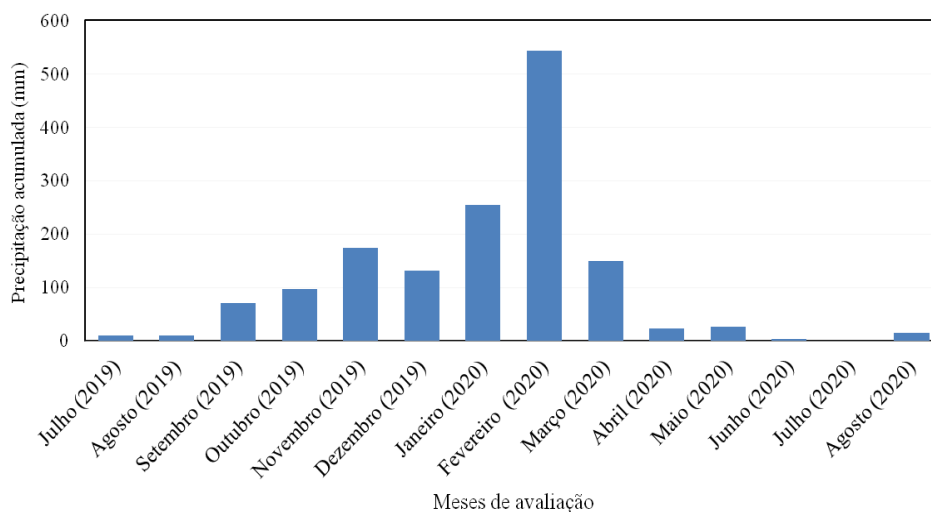


Fonte: Do autor (2020).

Para a variável número de folhas, verificou-se uma tendência crescente no número de folhas emitidos pela planta até o mês de maio. Tal resultado, é compatível com as expectativas, visto que, de acordo com o crescimento em altura e diâmetro, a planta aumenta a emissão de folhas (Gráfico 1). Contudo, após maio, houve um extenso período de estiagem na área do experimento, do dia 24/05/20 ao dia 21/08/20, sendo que no dia 22/08/20 choveu um total de 14 mm, totalizando 89 dias sem chuva, o que ocasionou a queda das folhas. A queda na precipitação acumulada pode ser analisada no Gráfico 2, que

apresenta os registros da Estação climatológica principal de Lavras (MG), durante o período que o experimento estava sendo realizado. Observa-se um volume de chuva bastante elevado em fevereiro, seguido de uma queda de março em diante.

Gráfico 2 - Precipitação acumulada (mm) dos meses de julho de 2019 a agosto de 2020 coletada na Estação climatológica principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET).

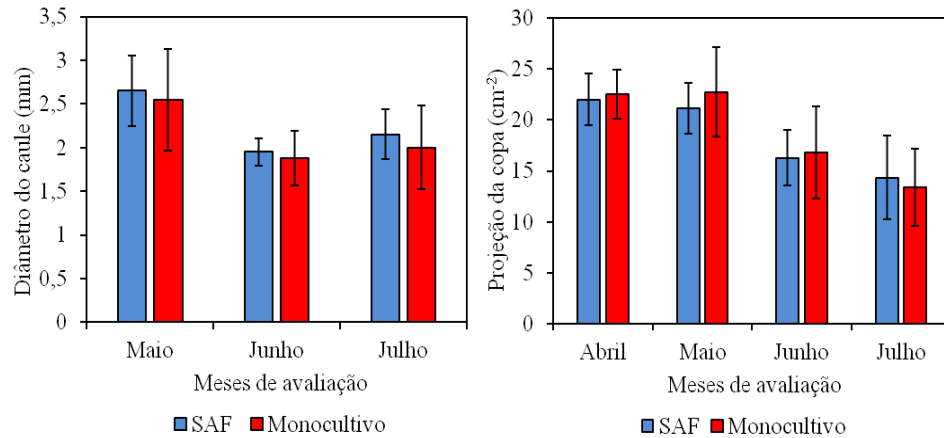


Fonte: Do autor (2020).

Como demonstrado no Gráfico 3, as plantas apresentaram um crescimento quanto ao diâmetro de caule e projeção da copa até o mês de maio. A partir de junho o crescimento não é expressivo, uma vez que em longos períodos de escassez as plantas reduzem a taxa de crescimento da parte aérea, como alternativa de defesa à perda de água.

Assim como nos resultados apresentados para a variável número de folhas, a queda das mesmas, proporcionada pela estiagem, ocasionou a redução da projeção da copa.

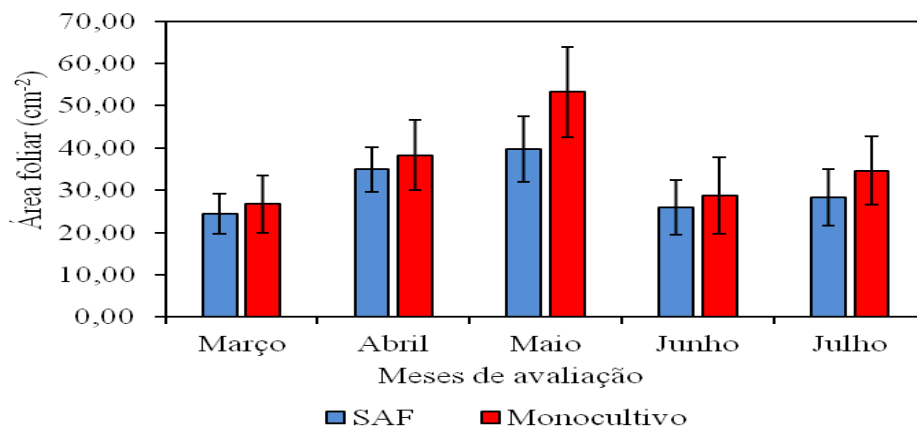
Gráfico 3 - Diâmetro do caule e projeção da copa da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

Observa-se uma tendência crescente na área foliar até o mês de maio (Gráfico 4). Contudo, após maio, o período de estiagem, como citado anteriormente, ocasionou a queda das folhas. O que levou a redução da média da variável em questão.

Gráfico 4 - Estimativa da área foliar da cultivar Arara durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

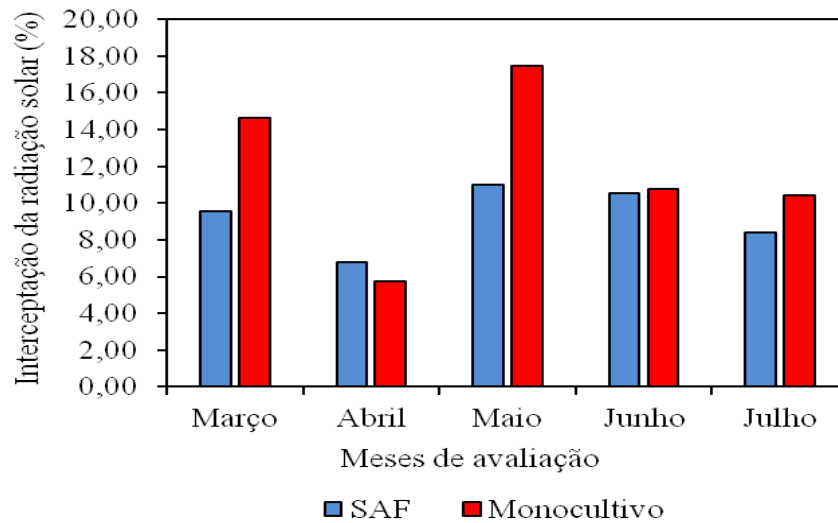
Considerando a dinâmica da radiação solar, foi possível observar que as plantas de

café, cultivadas em sistema monocultivo, apresentaram uma maior porcentagem de interceptação da radiação solar, do total que chega sobre a cultura, comparado ao sistema agroflorestal (Gráfico 5). Essa resposta é mais evidente nos meses de março e maio, sendo que abril, junho e julho se verificaram valores semelhantes entre os tratamentos.

Os valores reduzidos de interceptação da radiação solar do mês de abril podem estar relacionados à variabilidade nas condições de nebulosidade, durante o período de avaliação. Tal fato, pode ter resultado em variações na medida e impossibilitado a variação entre os sistemas de produção de café.

Os meses de junho e julho também não apresentaram médias expressivamente discrepantes, quando se comparam os tratamentos realizados. Este fato, pode estar atrelado à redução do número de folhas nas plantas de café, durante o período de estiagem, em ambos os tratamentos. Além disso, associada à resposta semelhante ao café à falta de água e, por tanto, perda das folhas, as plantas de Moringa sofreram sérios danos de formiga cortadeira no mês de junho. Isso fez com que a interceptação de luz no sistema consorciado não proporcionasse diferença relevante em relação ao monocultivo, já que houve redução da interação entre plantas. Em julho, quando as plantas de moringa começaram a se recuperar, uma diferença entre os sistemas, mesmo que sutil, pôde ser observada novamente.

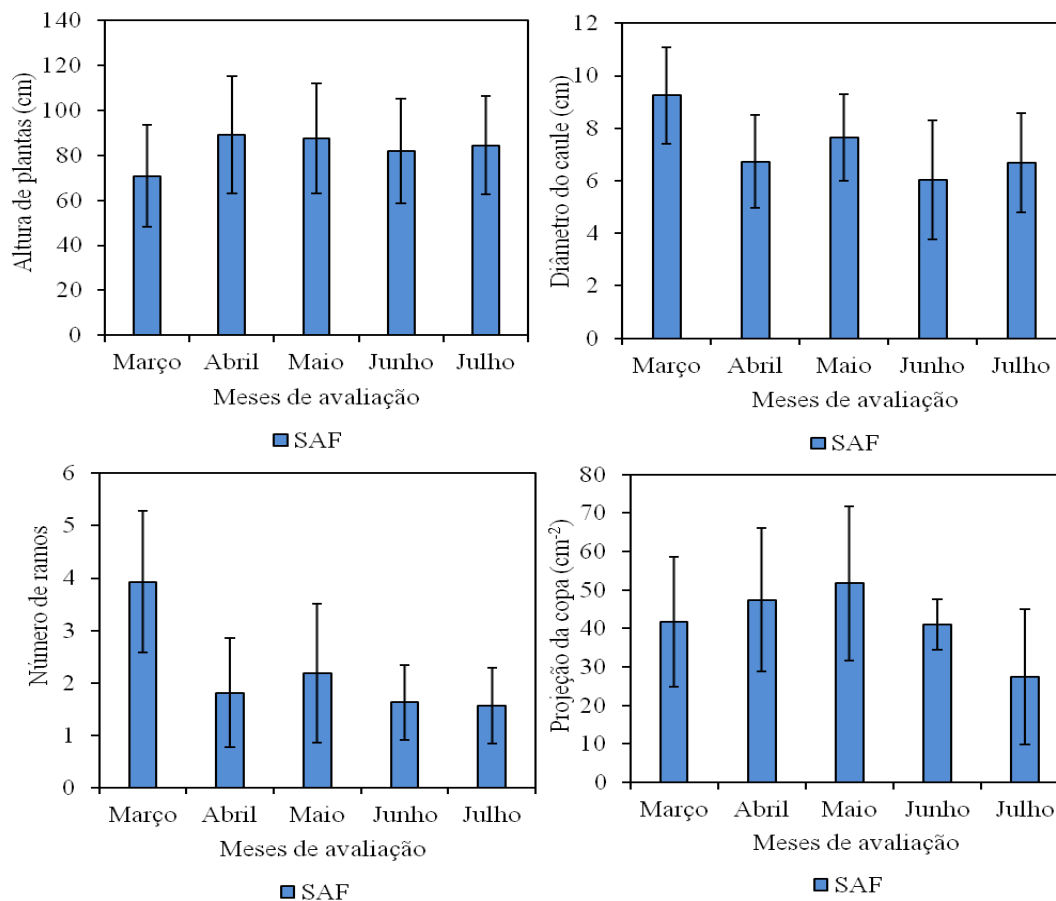
Gráfico 5 - Intercepção da radiação solar por plantas de café durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF) e monocultivo.



Fonte: Do autor (2020).

No mesmo período da avaliação de crescimento do café, avaliou-se o crescimento da Moringa. As respostas do café e moringa foram semelhantes quanto ao crescimento. Foi possível observar uma tendência crescente na altura de plantas e na projeção da copa até maio (Gráfico 6). A partir de junho, como citado anteriormente, a escassez de chuva pode ter proporcionado a queda das variáveis em questão. Tal fato é importante, devido à interação das plantas de Moringa sobre o café, principalmente no sentido da área de projeção da copa, a qual vai influenciar na quantidade de radiação solar chega sobre a cultura do café. Para as variáveis, diâmetro de caule e número de ramos não foi possível observar um padrão de resposta.

Gráfico 6 - Altura de plantas, diâmetro do caule, número de ramos e projeção da copa de plantas de Moringa durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).



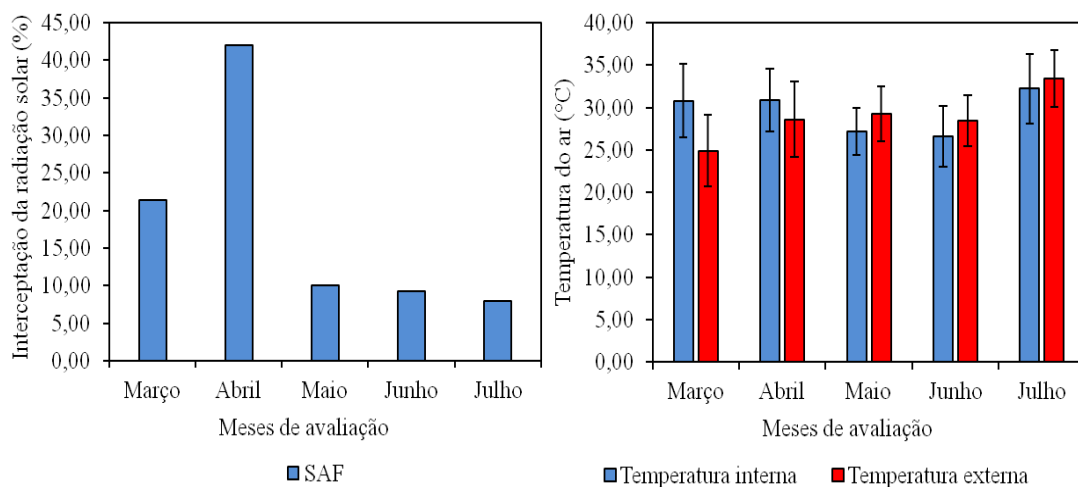
Fonte: Do autor (2020)

A dinâmica da radiação solar foi maior nos meses de março e abril, com destaque para abril (Gráfico 7). Os menores valores correspondentes a maio, junho e julho podem estar relacionados à época do ano, que apresenta menor interceptação luminosa.

Não foi possível observar um padrão de resposta para a temperatura do ar (Gráfico 7). As avaliações sempre foram feitas no mesmo período, entre 09:00 e 14:00 horas. No entanto, por estarem na fase inicial de crescimento, as interações das plantas ainda não possibilitaram variações na temperatura. No Gráfico 8, estão demonstradas as temperaturas máxima, média e mínima, ao longo dos meses em que o experimento aconteceu. Porém, os

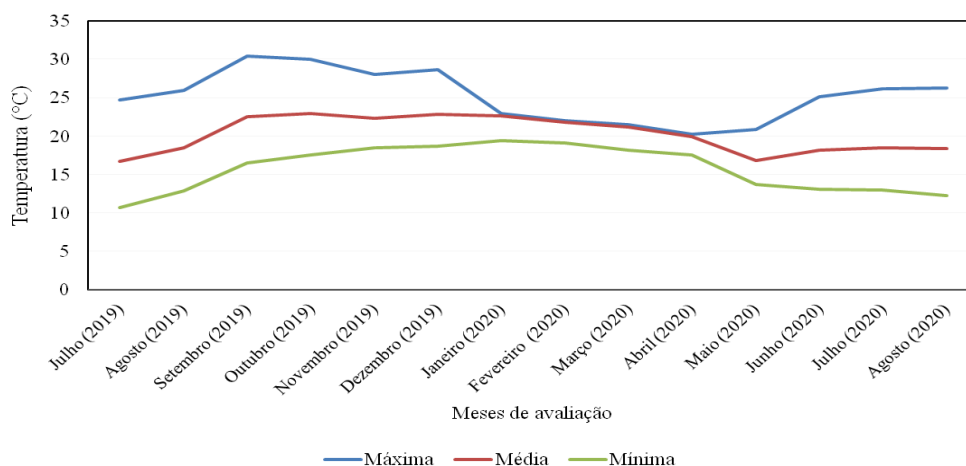
dados coletados da estação climatológica de Lavras-MG e São João Del Rei-MG, não apresentam relação que justifique os dados de temperatura interna e externa avaliados na área experimental.

Gráfico 7 - Temperatura do ar e interceptação da radiação solar por plantas de moringa durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).



Fonte: Do autor (2020).

Gráfico 8 - Temperatura máxima, média e mínima dos meses de julho de 2019 a agosto de 2020, coletada na Estação climatológica principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET) e da estação meteorológica de São João Del Rei-MG.



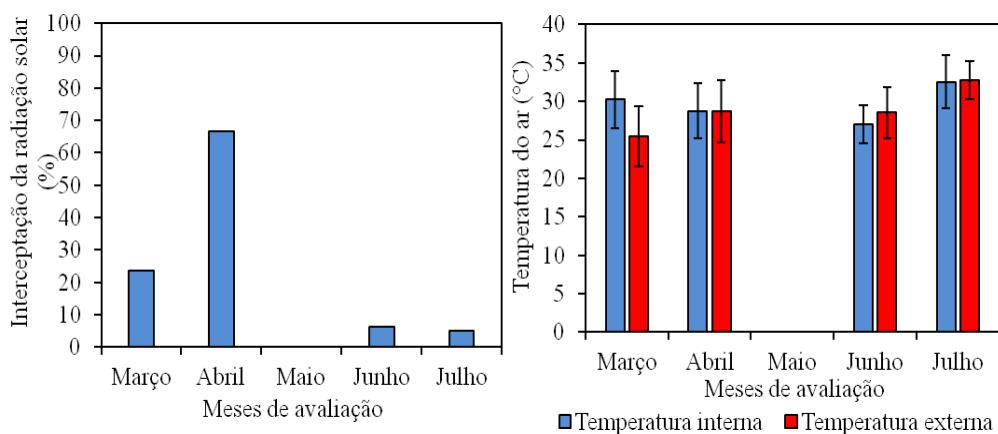
Fonte: Do autor (2020).



Além do café e Moringa, avaliou-se o crescimento, dinâmica da radiação solar e temperatura interna (no interior do cultivo) e temperatura externa (sobre o cultivo) da *Brachiaria*, cultivada nas entre linhas de café e Moringa. É importante destacar que a avaliação de maio não foi realizada, em virtude que, optamos por realizar uma roçada, em toda a entre linha.

Foi possível observar que a *Brachiaria* interceptou cerca de 25% da radiação incidente no mês de março, próximo a 70% no mês de abril e menos de 10% em junho e julho (Gráfico 9). Quando relacionado a variável temperatura do ar, foi possível observar uma variação de 5°C no mês de março, sendo que a temperatura interna foi superior a externa. No entanto, para o mês de abril essa resposta foi minimizada, já que se observaram valores semelhantes. Por fim, após junho, a temperatura externa foi ligeiramente superior à interna, com uma variação inferior a 3°C.

Gráfico 9 - Interceptação da radiação solar e temperatura do ar de plantas de *Brachiaria* durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).

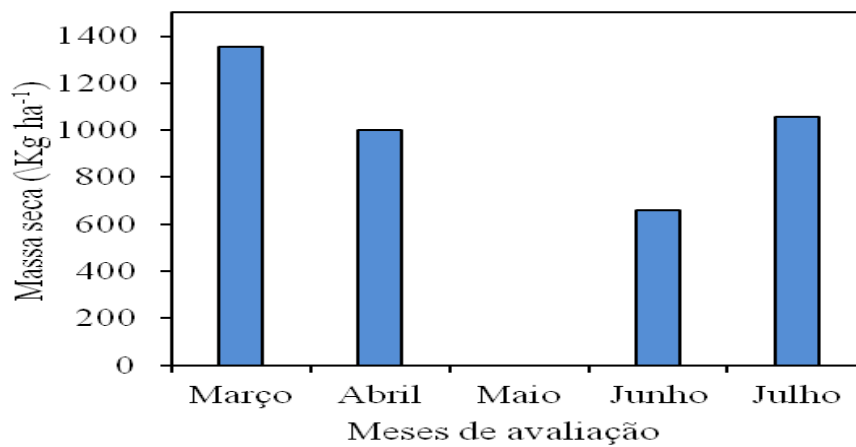


Fonte: Do autor (2020).

Pode-se observar que a *Brachiaria* apresentou um acúmulo de matéria seca superior no mês de Março, época que ainda temos a presença de chuvas na região (Gráfico 10). Posteriormente, observou-se uma queda na matéria seca acumulada resultante da roçada feita no sistema, que ocorreu em maio, bem como devido à redução das chuvas. Porém, nos

próximos meses, os valores voltam a crescer. Vale salientar que, a variável apresentada, está diretamente atrelada a cobertura do solo, proporcionada pela gramínea. Além disso, o desenvolvimento da planta reflete o potencial da planta em produzir raízes profundas, que permite a busca de água em profundidade no solo, o que beneficia todas as espécies envolvidas no sistema.

Gráfico 10 - Massa seca de plantas de *Brachiaria* durante o período inicial de crescimento em sistema agroflorestal (SAF).



Fonte: Do Autor (2020)

Entre os objetivos deste plano de trabalho e considerando um dos principais aspectos da pesquisa científica, que é a formação e aulas práticas com estudantes de graduação e pós-graduação, foi possível realizar atividades de extensão, demonstrando os principais aspectos relacionados ao sistema de produção estudado (Figura 12).

Figura 12 - Apresentação e aula prática para estudantes de graduação e pós-graduação, no sentido de formar novos extensionistas e apresentar novos sistemas de produção que visem à produção de alimentos.



Fonte: Do autor (2020).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão deste trabalho, verificou-se pequena variação no crescimento inicial e na dinâmica da radiação solar das espécies cultivadas em sistema agroflorestal e monocultivo. Isso ocorreu, em virtude do curto período de tempo de avaliação, diante do período necessário para o crescimento das espécies perenes envolvidas.

Neste sentido, foi possível observar o potencial deste estudo e a necessidade em dar continuidade nas avaliações e coletas das informações. Assim, será possível analisar a interferência do sistema agroflorestal na produtividade das culturas envolvidas e na qualidade química e física do solo.

É importante destacar que não houve prejuízo para as espécies cultivadas em sistema

agroflorestal na fase inicial de desenvolvimento, quando comparadas com o cultivo solteiro. Ou seja, a interação entre plantas no sistema integrado não limitou o crescimento inicial das mesmas.

Ainda, foi possível observar que, as variáveis meteorológicas têm um papel fundamental no crescimento das espécies, em ambos os sistemas. A falta de chuva fez com que as variáveis relacionadas ao crescimento fossem bastante afetadas.

Nessa fase inicial, ainda não houve interação suficiente, entre as espécies do sistema agroflorestal, capaz de influenciar na mudança da temperatura do ar. Já a interceptação da radiação solar das espécies do estrato inferior, apresentou maior média no monocultivo. Ou seja, a *Moringa* já foi capaz de realizar certo sombreamento.

Além disso, foram realizadas atividades de extensão e aulas práticas aos alunos. Sendo assim, através do trabalho em equipe, os estudantes puderam interagir e participar das tarefas realizadas neste plano de trabalho. O que contribui com a premissa básica da pesquisa, que é a geração de informação e formação de pessoas qualificadas.

Dito isso, é possível afirmar que, a implantação e manutenção do experimento, foi realizada com êxito, mesmo em virtude da situação momentânea em que vivemos (pandemia do Coronavírus).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.

ALVARENGA, A. P. *et al.* Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilv**, v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2003. 46p.

ANTUNES, W. C. *et al.* Allometric models for non- destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). **Annals of Applied Biology**, v. 153, n. 1, p. 33-40, 2008.

ANWAR, F.; LATIF S.; ASHRAF, M. & GILANI, A.H. Review article: “Moringa oleifera: a Food Plant with Multiple Medicinal Uses”. **Phytotherapy Research** 21, p. 17-25, 2007.

BARDUCCI, R. S. *et al.* Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BELTRÃO, N.E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. Produção de energia e produtividade: *Ricinus communis* L. x *saccharum officinale* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais..** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

BERLYN, G.P., CHO, J. Light, moisture and nutrient use by plants. In: ASHTON, M.S.; MONTAGNINI, F. (ed.) IN: **The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems**, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 9–39, 2000.

BERNARDES, M.S., PINTO, L.F.G., RIGHI, C.A. Interações biofísicas em sistemas agroflorestais. Pp.423-446. 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_Fernando\\_Pinto/publication/257940659\\_Interacoes\\_biofisicas\\_em\\_sistemas\\_agroflorestais/links/0deec528cb7e904022000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luis_Fernando_Pinto/publication/257940659_Interacoes_biofisicas_em_sistemas_agroflorestais/links/0deec528cb7e904022000000.pdf). Acesso em: novembro/2020.

BORGES, W. L. B, *et al.* Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta daninha**, p. 755-763, 2014.

CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A. R. Agrometeorology of the coffee crop. **Geneva: World Meteorological Organization**, p. 92, 1994.

CARAMORI, P. H. *et al.* Efeitos do vento sobre mudas de cafeeiro Mundo Novo e Catuaí Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 11, p. 1113-1118, 1986.

CARAMORI, P. H., *et al.* Indicadores biofísicos de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais..** Embrapa Florestas, 2004.

CARDINES, P, *et al.* Moringa oleifera seed extracts as promising natural thickening agents for food industry: Study of the thickening action in yogurt production. **LWT**, v. 97, p. 39-44, 2018.

CARVALHO, A, F. **Água e radiação em sistemas agroflorestais com café no território da Serra do Brigadeiro–MG.** 2011. 127 f. Orientador: Tese. Doutorado em Solos e nutrição de plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CASTRO, R. P.. **Desenvolvimento de bioprodutos inovadores derivados da moringa (Moringa oleifera Lamarck).** 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ciência, Tecnologia e Informação) Universidade Federal Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

ELLI, E. F. *et al.* Ecofisiologia da cana-de-açúcar no sub-bosque de canafístula em arranjos de sistema agroflorestral. **Comunicata Scientiae.**, v. 7, n. 4, p. 464-472, nov 2016.

\_\_\_\_\_. Productive, morphological and qualitative characteristics of sugarcane in the understory tree species in agroforestry systems. **African Journal of Agricultural Research**, 11(17), 1576-1584.

FAHL, J. I.; CARELLI, M.L. C. Influência do sombreamento nas características fisiológicas envolvidas no crescimento de espécies de coffeea. **Simpósio Internacional sobre Café Adensado**, v. 1, p. 289-290, 1994.

FILHO, D. B. O. *et al.* Utilização de aditivos naturais a partir da *Moringa Oleifera Lam* para o melhoramento da estabilidade oxidativa do biodiesel. **Revista Geintec**, v.2, n.5. P. 490-504, 2012.

FREITAS, R. B., *et al.* Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica L.*). **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 804-810, 2003.

GONÇALVES, A. D. M. A., *et al.* Decomposição e ciclagem de nitrogênio no consórcio entre café e brachiaria no cerrado. 2019. In: X SIMPÓSIO DE PESQUISAS DE CAFÉ NO BRASIL, 2019, Vitória-ES. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12591/158-2316-1-PB-X-SPCB-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: novembro/2020.

GUIMARÃES, L. L.. **Utilização de óleo essencial de Moringa oleifera Lam na inibição de fungos fitopatogênicos da semente de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do grupo comercial carioca**. 2014. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. [Site]. Apresenta dados e informações sobre a meteorologia e o tempo. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: 10 Dez. 2020.

JAHN, S. A. A. Proper use of African natural coagulants for rural water supplies. **Research in the Sudan and a guide for new projects**, n. 191, 1986.

JESUS, A.R.; MARQUES, N.S.; SALVI, E.J.N.R.; TUYUTY, P.L.M.; PEREIRA, S.A. Cultivo da Moringa Oleífera. Bahia: Instituto Euvaldo Lodi, 2013. 17p. (Dossiê técnico).

KAMEL, A. M. Can we use the moringa oil as botanical insecticide against *Spodoptera frugiperda*. **Academic Journal of Entomology**, v. 3, n. 2, p. 59-64, 2010.

LUEDELING, E. *et al.* Field-scale modeling of tree–crop interactions: Challenges and development needs. **Agricultural Systems**, 142:51-69. 2016.

LUNZ, A. M. P. *et al.* Qualidade do café arábica em sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e em monocultivo. 2005. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DO CAFÉ DO BRASIL. 2015, Londrina-PR. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2119/166733\\_Art226f.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2119/166733_Art226f.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: novembro/2020.

MANCUSO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; PERDONÁ, M. J. Produção de café sombreado. In: **Colloquium Agrariae**. 2013. p. 31-44.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MATIELLO, J.B. *et al.* Cultivar Arara de cafeeiros responde bem á poda de esqueletamento. In: CONGRESOS BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 44, 2018. Franca. **Anais.. Brasília, DF: Embrapa Café**, 2018. (1 CD ROM)

MCNEELY, J. A.; SCHROTH, G. Agroforestry and biodiversity conservation - traditional practices, presents dynamics, and the lessons for the future. **Biodiversity and Conservation**, v.15, p.549-554, 2006.

MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, 9(3):747-766. 1972.

MÜLLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Sistemas agroflorestais com cacauzeiro. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauzeiro**. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, p. 246-271, 2007.

NAIR, P. K. R. Agroecosystem management in the 21st century: it is time for a paradigm shift. **Journal of Tropical Agriculture**, v.46, p.1-12, 2008.

NAIR, P.K.R. **An Introduction to Agroforestry**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1993. 449p.

NORGROVE, L. *et al.* Shifts in soil faunal community structure in shaded cacao agroforests and consequences for ecosystem function in Central Africa. **Tropical Ecology**, v.50, p.71-78, 2009.

OLIVEIRA, A. P. S. **Atividade inseticida de torta de sementes de *Moringa oleifera***. 2016. 116 f. Orientador: Dr. Patrícia Maria Guedes Paiva. Tese. Doutorado em Bioquímica e Fisiologia. Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

OLIVEIRA, D. S. *et al.* Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *Moringa oleifera* Lam. **Holos**, v. 1, p. 49-61, 2012.

PINTO, M. G. C. **Adubação orgânica no crescimento de plantas, produção de frutos e sistema radicular de *Moringa oleifera* Lam.** 2018. 64f. Dissertação. Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

RANGEL, M. S. A. *Moringa oleifera*: uma planta de uso múltiplo. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Circular Técnica, 1999.

REIFSNYDER, W.E., DARNHOFER, T. Meteorology and Agroforestry: Proceedings of an International Workshop on the Application of Meteorology to Agroforestry Systems **Planning and Management**, Nairobi, 9-13. 1989.

RIGHI, C. A. **Interações ecofisiológicas acima e abaixo do solo em um sistema**



**agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)**, 2000. Dissertação. Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de São Paulo, Esalq-USP, 2001.

ROCHA, O. C. *et al.* Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the Cerrado region. In: **22<sup>a</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE**, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September, 2008.

RODRIGUES, G. A. *et al.* Oscilações da temperatura do solo em função de quantidades de palha e horários ao longo do dia. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 293-304, 2018.

RUFINO, J.L. S. Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café: antecedentes, criação e evolução. **Embrapa Informação Tecnológica**: Embrapa Café, 2006.

SÁ, T.D. Aspectos climáticos associados a sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais. In; CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS,, 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994.

SALTON, J.C. *et al.* Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 190, 70-79, 2014.

SCHWERZ, F. **Interações dinâmicas no crescimento de tungue e cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais**. 2017, 143 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, 2017.

SCHWERZ, F. *et al.* Assessing Yield, Growth and Climate Traits in Agroforestry Systems in Southern Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, 1-20. 2020.

SCHWERZ, F., *et al.* Growth, radiation use efficiency and yield of sugarcane cultivated in agroforestry systems: An alternative for threatened ecosystems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 90, 3265-3283, 2018.

SGARBOSSA, J. *et al.* Agroforestry systems and their effects on the dynamics of solar radiation and soybean yield. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 9, 492-502, 2018.

SILVA, C. A . **Estudos aplicados ao uso da moringa oleífera como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas**. 2005. 90f. Dissertação. (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SINCLAIR, T.R. Solar radiation in vegetative canopies and its physiological implications. **What's New in Plant Physiology**, 7:1-15. 1975.

SOBRAL, A. J. S. *et al.* (characterization of *Moringa oleífera* Lam and its use in animal feed. **Ciência Animal**, v. 30, n. 2, p. 68-79, 2020.

SOTO-PINTO, L. *et al.* Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 80, n. 1-2, p. 61-69, 2000.

SOUZA, F. D. F. *et al.* Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia (em línea). Embrapa Rondônia. **Documentos**, 93: 21. 2004.

SOUZA, T.M.A. *et al.* Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (*Moringa oleífera* Lam.) submetida à fertilização orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.5, p.103-105, 2015.

VIEIRA, E. L. *et al.* **Manual de fisiologia vegetal**. edufma, 2010.

VIVAN, J. L.; FLORIANI, G. S. Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestais em rede na ata Atlântica. In: VILCAHUAMÁN, L. J. M. *et al.* (Org). **Sistemas Agroflorestais e desenvolvimento com proteção ambiental: práticas e tecnologias desenvolvidas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006, p.9-34.