

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
NEIDIELE MARTINS DE SOUZA

DISTÂNCIA MÍNIMA DA LINHA DE SEMEADURA DA SOJA EM RELAÇÃO AO  
RAMO ORTOTRÓPICO DO CAFEIEIRO EM FORMAÇÃO

Monte Carmelo  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
NEIDIELE MARTINS DE SOUZA

DISTÂNCIA MÍNIMA DA LINHA DE SEMEADURA DA SOJA EM RELAÇÃO AO  
RAMO ORTOTRÓPICO DO CAFEIEIRO EM FORMAÇÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gleice Aparecida de Assis

Monte Carmelo  
2023

NEIDIELE MARTINS DE SOUZA

DISTÂNCIA MÍNIMA DA LINHA DE SEMEADURA DA SOJA EM RELAÇÃO AO  
RAMO ORTOTRÓPICO DO CAFEIEIRO EM FORMAÇÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gleice Aparecida de Assis

Monte Carmelo, 10 de novembro de 2023

Banca Examinadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gleice Aparecida de Assis  
Orientadora

---

Prof. Dr. Edson Simão  
Membro da Banca

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Tiemi Nakamura  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2023

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente, a Deus e Nossa Senhora que sempre intercederam no meu caminho, nos meus estudos, na escolha do caminho certo e a superar todos os desafios que encontrei durante o período da graduação.

Aos meus pais Edmar e Ivania pelos incentivos pessoais e profissionais durante toda vida e principalmente nos anos de faculdade.

A minha família por me apoiar sempre e me incentivar.

A minha professora, orientadora e amiga prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup> Gleice Aparecida de Assis por toda caminhada durante a graduação que sempre esteve à disposição, com paciência, carinho, conselhos e oportunidades disponibilizadas durante esses anos de trabalho.

Aos meus amigos que estiveram presentes durante toda a minha graduação estando ao meu lado em todos os momentos.

A todos os docentes, técnicos e servidores, pelos conselhos e ajuda durante os meus estudos e que somaram e contribuíram para minha formação, principalmente aqueles que me tornei amiga pelo companheirismo.

Ao grupo de pesquisa NECACER – Núcleo de Estudos em Cafeicultura do Cerrado pelos anos de aprendizado e dedicação que foram cruciais para meu desenvolvimento pessoal e profissional me possibilitando oportunidades.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. OBJETIVO.....	7
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
3.1 Cultura do cafeeiro .....	7
3.2 Anatomia do cafeeiro.....	9
3.3 Consórcio com a cultura do cafeeiro .....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
6. CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS .....	18

## RESUMO

A utilização da soja na entrelinha do cafeeiro pode alterar o crescimento vegetativo e produtivo da cultura principal. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi definir a distância mínima da linha de semeadura da soja em relação ao ramo ortotrópico do cafeeiro em formação a partir da avaliação dos parâmetros morfológicos e biométricos. O experimento foi realizado na área demonstrativa da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus Monte Carmelo*, Minas Gerais. As coordenadas geográficas da área experimental são 18° 43' 36" S e 47° 31' 23" W, situada a 898 m de altitude. O plantio do cafeeiro foi efetuado em março de 2021, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, utilizando-se a cultivar IPR 100. O plantio da soja na entrelinha do café foi efetuado em novembro de 2021, utilizando-se a cultivar LG 60162IPRO, no espaçamento de 0,4 m entre linhas e 14 sementes por metro linear. O cafeeiro foi irrigado por sistema de gotejamento, com espaçamento entre os gotejadores de 0,6 m e vazão de 2,1 L h<sup>-1</sup>. A soja cultivada na entre linha do cafeeiro não foi irrigada. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro blocos e cinco tratamentos, sendo eles: (T1) sem soja, (T2) 2 linhas de soja, distanciadas em 1,55 m do caule do cafeeiro, (T3) 4 linhas de soja, distanciadas em 1,15 m do caule do cafeeiro, (T4) 6 linhas de soja, distanciadas em 0,75 m do caule do cafeeiro e (T5) 8 linhas de soja, distanciadas em 0,35 m do caule do cafeeiro. Cada parcela foi composta por 5 plantas de cafeeiro, contendo 3 m de comprimento e 3,5 m de largura. Foram avaliadas as seguintes características: comprimento, largura e espessura de duas folhas por planta, índice de clorofila (SPAD 502), temperatura da folha, contagem de estômatos, comprimento de um par de ramos plagiotrópicos localizados no terço médio do cafeeiro, número e distância de entrenós e número de ramos plagiotrópicos primários. Os dados foram submetidos à análise de variância e, detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de *Scott-Knott*. A utilização da soja na entrelinha do cafeeiro não afetou as características de crescimento e morfológicas de *Coffea arabica* L., com exceção do parâmetro largura da folha, na qual verificou-se aumento desta característica com o incremento da população de plantas de soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica* L., crescimento, consórcio de culturas.

## ABSTRACT

The use of soybeans between coffee plants can alter the vegetative and productive growth of the main crop. Therefore, the objective of the present work was to define the minimum distance of the soybean sowing line in relation to the orthotropic branch of the coffee tree in formation based on the evaluation of morphological and biometric parameters. The experiment was carried out in the demonstration area of the Federal University of Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais. The geographical coordinates of the experimental area are 18° 43' 36" S and 47° 31' 23" W, located at an altitude of 898 m. The coffee tree was planted in March 2021, with a spacing of 3.5 m between rows and 0.6 m between plants, using the IPR 100 cultivar. The planting of soybeans between the coffee rows was carried out in November 2021, using the cultivar LG 60162IPRO, with a spacing of 0.4 m between rows and 14 seeds per linear meter. The coffee plant was irrigated using a drip system, with a spacing between the drippers of 0.6 m and a flow rate of 2.1 L h<sup>-1</sup>. The soybeans grown between the coffee rows were not irrigated. The experimental design used was in randomized blocks, with four blocks and five treatments, namely: (T1) without soybeans, (T2) 2 soybean lines, 1.55 m apart from the coffee tree stem, (T3) 4 lines of soybeans, spaced 1.15 m from the coffee tree stem, (T4) 6 soybean rows, 0.75 m distance from the coffee tree stem and (T5) 8 soybean rows, 0.35 m distance from the coffee tree stem. Each plot was composed of 5 coffee plants, 3 m long and 3.5 m wide. The following characteristics were evaluated: length, width and thickness of two leaves per plant, chlorophyll (SPAD 502), leaf temperature, stomata count, and length of a pair of plagiotropic branches located in the middle third of the coffee tree, number and distance of internodes and number of primary plagiotropic branches. The data were subjected to analysis of variance and, if significant differences were detected, the means were compared using the Scott-Knott test. The use of soybean between the coffee trees did not affect the growth and morphological characteristics of *Coffea arabica* L., with the exception of the leaf width parameter, in which this characteristic increased with the increase in the population of soybean plants.

**KEYWORDS:** *Coffea arabica* L., growth, intercropping.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do café apresenta grande importância mundial, sendo o Brasil o maior produtor e exportador dessa *commodity*. Os maiores estados produtores no Brasil são da região Sudeste, destacando-se Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro, produzindo 42,79 milhões de sacas beneficiadas, o que representa 84,9% do café produzido no país em 2022. Desse total, 4,21 milhões de sacas são provenientes da região do Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas Gerais (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2022).

As elevadas produtividades obtidas em diversas regiões do país podem estar associadas às condições climáticas favoráveis, como verão quente e úmido, e inverno ameno e seco, fatores importantes para a produção de cafés de excelente qualidade.

Por ser uma cultura perene, é imprescindível o planejamento da lavoura para obter o melhor aproveitamento devido ao alto custo de implantação. Diante disso, a utilização de manejos que melhorem o uso da terra e maximize os recursos naturais disponíveis estão sendo adotados na cafeicultura. Atualmente, o consórcio entre a cultura do cafeeiro e a soja representa uma opção viável para a região de Minas Gerais (Rezende *et al.*, 2000) principalmente nos dois primeiros anos da cultura, considerada a fase de formação da lavoura, onde o produtor terá apenas gastos com insumos, mão de obra e demais itens do custo de produção, até que a primeira colheita da lavoura seja realizada, entre dois anos e meio a três anos após o plantio. Diante desse contexto, tem-se investido muito em consórcios na entrelinha do plantio, com o intuito de manter o solo coberto, fornecendo matéria orgânica, além de trazer um retorno econômico para o produtor durante o período que coincide com a fase de formação do cafeeiro.

A soja é uma Fabaceae que apresenta grandes benefícios na consorciação devido à capacidade de realizar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, atuando como fonte de nitrogênio para culturas perenes (Coelho *et al.*, 2006; Ricci *et al.*, 2002), além de proteger os cafeeiros recém-plantados contra a incidência de ventos fortes. O uso da adubação verde intercalada ao cafeeiro tem sido, ao longo do tempo, uma prática bastante questionável principalmente relacionada à produtividade do cafeeiro.

O consórcio entre diferentes culturas pode ocasionar alterações morfológicas, fisiológicas e nutricionais no cafeeiro, uma vez que nesse sistema a cultura é submetida a estresses ocasionados pela competitividade por água e nutrientes, assim sendo, deve-se adaptar às novas condições que podem afetar a capacidade produtiva desta cultura.

O nível de radiação que as plantas estão expostas tem influência no desenvolvimento, função e estrutura foliar, estrutura dos cloroplastos e componentes do processo fotossintético. No cultivo do cafeeiro em consórcio com a seringueira, o aumento no sombreamento provoca significativas reduções na taxa fotossintética e na condutância estomática (Nascimento *et al.*, 2006), sendo que as plantas de cafeeiros em monocultivo apresentaram médias superiores de espessura dos parênquimas clorofilianos paliádico e lacunoso.

Diante disso, essa pesquisa é de extrema importância, uma vez que indicará ao cafeicultor a distância mínima da linha de semeadura da soja em relação ao ramo ortotrópico do cafeeiro em formação, sem, contudo, prejudicar os parâmetros morfológicos e biométricos de *Coffea arabica* L.

## **2. OBJETIVO**

Definir a distância mínima da linha de semeadura da soja em relação ao ramo ortotrópico do cafeeiro em formação a partir da avaliação dos parâmetros morfológicos e biométricos.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Cultura do cafeeiro**

O cafeeiro possui centro de origem na Etiópia e pertence à família Rubiaceae. Dentre as principais espécies economicamente importantes para a economia brasileira destacam-se *C. arabica* L. e *C. canephora* Pierre (Souza *et al.*, 2004).

O café arábica é um arbusto perene de crescimento contínuo, com dimorfismo de ramos que atinge 2 a 4 m de altura, possuindo caule cilíndrico, denominado ortotrópico e os ramos produtivos chamados de plagiotrópicos. Em plantas adultas, as folhas, normalmente, estão presentes somente nos ramos plagiotrópicos, no mesmo plano e em posições opostas. A lâmina foliar varia de 12 a 24 cm, apresentando aspecto delgado e ondulado com formato elíptico. As flores estão dispostas sob uma inflorescência do tipo glomérulo axilar. O fruto é uma drupa elipsóide contendo dois lóculos e duas sementes (Carvalho, 2007). O sistema radicular do

cafeeiro é constituído por uma raiz principal e as raízes laterais, sendo que há uma maior concentração de raízes nos primeiros 50 cm de profundidade, denominadas raízes da placa superficial (Alves, 2007).

De acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2022), houve um aumento da área total cultivada com cafeeiro de 0,6% em relação ao ano anterior. Foram destinados 2,24 milhões de hectares para a cafeicultura nacional, sendo 1,84 milhão de hectares para as lavouras em produção e 400,6 mil hectares de área em formação.

Minas Gerais, estado maior produtor de café e responsável por 60% de toda a área cultivada no país, destinou 1,33 milhão de hectares para áreas em produção e formação, representando um aumento de 2,8% em relação à safra 2021 (Conab, 2022).

A produtividade média obtida nas lavouras brasileiras foi de 27,7 sacas ha<sup>-1</sup>, sendo 4,8% superior ao da safra 2021, considerado um ano de bienalidade negativa, e 19,3% inferior ao registrado na safra 2020, um ano de bienalidade positiva. Em Minas Gerais a produtividade média foi de 21,6 sacas ha<sup>-1</sup>, sendo 4,6% inferior à safra 2021. Já no Espírito Santo, segundo maior produtor do Brasil e maior produtor de *C. canephora*, a produtividade média foi de 41,5 sacas ha<sup>-1</sup>, 17,4% superior à obtida na safra passada (Conab, 2022).

A cafeicultura é umas das principais atividades agrícolas com alta relevância socioeconômica no país, gerando riquezas e movimentando logísticas de transporte, armazenamento e distribuição. Algumas áreas do cerrado apresentam condições climáticas adequadas para o cultivo do cafeeiro e com isso os ganhos de produtividade estão relacionados a vários fatores, que envolvem mecanização e automação de plantio, melhorias nas técnicas de colheita e manejo, desenvolvimento de cultivares resistentes às doenças por meio do melhoramento genético, reduzindo assim perda de produtividade e qualidade do café (Fassio; Silva, 2007).

A região do Cerrado Mineiro possui características de relevo bastante favoráveis ao cultivo do cafeeiro, possuindo 234 mil hectares de área com a cultura, distribuídos em 55 municípios, com produção média de 6 milhões de sacas de 60 kg por ano (Região do Cerrado Mineiro, 2022). Desta forma, o café do Cerrado em Minas Gerais é reconhecido pelo sucesso da atividade, cuja inserção nos mercados nacional e global é cada vez mais expressiva (Ortega, Jesus, Mouro, 2009).

### 3.2 Anatomia do cafeeiro

De acordo com Sack e Holbrook (2006), a anatomia foliar varia em função da radiação solar, temperatura, quantidade de água disponível no ambiente e nutrientes do solo, conferindo características adaptativas para que a planta tenha um maior potencial de desenvolvimento. Portanto, as folhas variam em área, espessura, forma, concentração de nutrientes e capacidade de troca gasosa. Essas características, por serem altamente relacionadas, são limitantes para o desempenho de determinadas funções, como a economia de carbono, concentração de nitrogênio por massa e taxa fotossintética líquida máxima, a fim de resultar em folhas com alta condutância hidráulica. Folhas que apresentam alta densidade de nervuras e xilema desenvolvidos nas nervuras possuem alta condutância hidráulica, que por sua vez está relacionada com a maior espessura do parênquima clorofiliano paliçádico (Brodrribb *et al.*, 2007).

A estrutura foliar geralmente é um bom indicador da disponibilidade de água e luz presente no habitat de uma espécie e, por ser um órgão com maior plasticidade na sua resposta às condições ambientes, sua estrutura responde mais do que o caule e a raiz aos efeitos do estresse ambiental (Marchi *et al.*, 2008). Genótipos cultivados em ambientes secos e ensolarados geralmente possuem folhas mais espessas, maiores massas específicas e densidade estomática, menores dimensões das células do mesófilo e com poucos espaços intercelulares, cutícula espessa, dentre outros, quando comparados com os desenvolvidos em ambientes úmidos e sombreados (Queiroz-Voltan *et al.*, 2013).

Em estudos conduzidos por Queiroz-Voltan *et al.* (2014) na cultura do cafeeiro, verificou-se que maiores espessuras do parênquima clorofiliano paliçádico são consideradas características estruturais favoráveis para suportar a escassez de água e estas poderiam ser utilizadas como critérios para selecionar cultivares tolerantes à seca.

No cultivo da seringueira consorciada com *C. arabica* L., verificou-se que plantas de cafeeiro em monocultivo apresentaram médias superiores de espessura dos parênquimas clorofilianos paliçádico e lacunoso, além de maior índice estomático em relação ao consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), apresentando, dessa forma, plasticidade anatômica para a espécie (Nascimento *et al.*, 2006).

### 3.3 Consórcio com a cultura do cafeeiro

O consórcio entre as culturas do cafeeiro e soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pode representar uma opção viável em diversas regiões produtoras, pois os espaços ociosos existentes entre as linhas de café seriam aproveitados, intercalando-se uma leguminosa que fornece nitrogênio e aporte de matéria orgânica ao sistema (Rezende *et al.*, 2000).

Em estudo conduzido por de Paulo *et al.* (2001), verificou-se que o consórcio do cafeeiro com *Crotalaria spectabilis* Roth, mucuna-anã (*Stizolobium deeringeanum* Bort.) e inclusive a soja não promoveu redução da produtividade do cafeeiro. Entretanto, quando o consórcio foi realizado com guandu (*Cajanus cajan* (L.) e *C. juncea* L., observaram-se efeitos negativos na altura, diâmetro de caule e produção dos cafeeiros.

A utilização de espécies arbóreas em consórcio com o cafeeiro é amplamente utilizada na Colômbia, Costa Rica e Guatemala, mas apresenta baixa aderência entre os produtores brasileiros, em função da redução de produtividade observada em algumas situações e dificuldade na mecanização, principalmente na colheita. Contradizendo a expectativa da redução na produtividade, Melo e Guimarães (2000) relataram que o cultivo de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), mogno (*Swietenia macrophylla* King) e neem (*Azadirachta indica* A. Juss) não afetou a produtividade do cafeeiro em sistema de consórcio, ratificando que em função do cafeeiro ser uma planta de metabolismo C3 e originária de áreas de sub-bosque, apresenta tolerância à sombra. Assim, os autores defendem o consórcio do cafeeiro com espécies florestais de alto valor econômico, especialmente no caso de pequenas propriedades rurais.

O sombreamento causado pelas plantas arbóreas afeta a temperatura da folha do café, que é um parâmetro importante no metabolismo e desenvolvimento vegetal, visto que altas temperaturas limitam o desempenho fotossintético, o que pode levar, entre outros efeitos, ao abortamento de flores e redução da produtividade do cafeeiro.

Diante deste contexto, Leal *et al.* (2007), analisando a produtividade de cafeeiros cultivados sob a influência das copas das seringueiras nos lados norte e sul, verificaram que a produtividade média das plantas foi maior no lado sul das filas duplas, em função da menor insolação recebida no inverno pelas plantas nessa face, conforme evidenciado pelo monitoramento das temperaturas das folhas dos cafeeiros feitos em um dia de inverno e em um dia próximo ao solstício de verão, concluindo que, apesar das temperaturas médias em Londrina serem adequadas ao cultivo do café arábica, o sombreamento pode favorecer a produtividade

dos cafeeiros e que a proteção contra geada propiciada pelas copas das árvores independe da orientação das linhas de plantio das seringueiras, sendo um benefício adicional da utilização do consórcio.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, Minas Gerais. As coordenadas geográficas da área experimental são 18° 43' 36" S e 47° 31' 23" W, situada a 898 m de altitude. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Argiloso (Santos *et al.*, 2018) (Figura1).



Figura 1. Área experimental.

O plantio do cafeeiro foi efetuado em março de 2021, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, utilizando-se a cultivar IPR 100. A adubação de plantio foi composta por 50 g de  $P_2O_5$  por cova utilizando como fonte o superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ). Trinta dias após o pegamento das mudas, foi realizada adubação de cobertura com 20 g de  $K_2O$  por planta, dividida em três aplicações ao ano e 5 g de N por planta, sendo essa dose repetida nos três meses subsequentes com a utilização do formulado 22-00-22 (N –  $P_2O_5$  –  $K_2O$ ).

O cafeeiro foi irrigado por sistema de gotejamento, com espaçamento entre os gotejadores de 0,6 m e vazão de 2,1 L h<sup>-1</sup>. O plantio da soja na entrelinha do café foi efetuado em novembro de 2021, utilizando-se a cultivar LG 60162IPRO, no espaçamento de 0,4 m entre linhas e 14 sementes por metro linear. A soja cultivada na entrelinha do cafeeiro não foi irrigada.

Em março de 2021, antes do plantio do café e em agosto de 2021, antes da diferenciação dos tratamentos, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para análise química e posterior recomendação de adubação (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental em agosto de 2021

Característica	Março de 2021	Agosto de 2021
pH (H <sub>2</sub> O)	6,20	6,50
Fósforo Mehlich (P) – mg dm <sup>-3</sup>	-	6,80
Fósforo resina - mg dm <sup>-3</sup>	86,00	-
Potássio (K) - mg dm <sup>-3</sup>	108,00	135,50
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> ) – cmolc dm <sup>-3</sup>	4,48	2,52
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) – cmolc dm <sup>-3</sup>	1,00	0,76
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	8,00	10,31
Alumínio (Al <sup>3+</sup> ) – cmolc dm <sup>-3</sup>	0,00	0,00
H+Al (Extrator SMP) – cmolc dm <sup>-3</sup>	1,50	1,60
Soma de bases trocáveis (SB) – cmolc dm <sup>-3</sup>	5,76	3,63
CTC (t) - cmolc dm <sup>-3</sup>	5,76	3,63
CTC a pH 7,0 (T) - cmolc dm <sup>-3</sup>	7,26	5,23
Índice de saturação por bases (V) - %	79,00	69,30
Índice de saturação de alumínio (m) - %	0,00	0,00
Zinco (Zn) – mg dm <sup>-3</sup>	3,00	2,30
Ferro (Fe) – mg dm <sup>-3</sup>	25,00	22,00
Manganês (Mn) – mg dm <sup>-3</sup>	5,20	3,30
Cobre (Cu) – mg dm <sup>-3</sup>	2,80	2,40
Boro (B) – mg dm <sup>-3</sup>	0,16	0,37

P, K = Mehlich<sup>-1</sup>; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = Fosfato de cálcio monobásico; Ca, Mg, Al = Cloreto de potássio; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5]; B = [BaCl<sub>2</sub> . 2H<sub>2</sub>O 0,125% à quente]; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA.

Com base na análise de solo realizada em agosto de 2021 e considerando-se produtividade esperada de 50 a 60 sacas ha<sup>-1</sup> de soja, a dose padrão de adubação de acordo com a recomendação de Guimarães *et al.* (1999) foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, não sendo necessária a aplicação de N mineral devido a inoculação via sulco de plantio (840 mL ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*. As fontes utilizadas de fertilizantes minerais foram, respectivamente, o superfosfato simples 00-18-00 (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O) e cloreto de potássio 00-00-60 (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O), utilizado no sulco de plantio em novembro de 2021.

Para adubação do cafeeiro no primeiro ano após o plantio, foi realizada a adubação de 142,86 kg de N ha<sup>-1</sup>, 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 47,62 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, utilizando-se como fontes ureia (45% de N), superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro blocos e cinco tratamentos, sendo eles: (T1) sem soja, (T2) 2 linhas de soja, distanciadas em 1,55 m do

caule do cafeeiro, (T3) 4 linhas de soja, distanciadas em 1,15 m do caule do cafeeiro, (T4) 6 linhas de soja, distanciadas em 0,75 m do caule do cafeeiro e (T5) 8 linhas de soja, distanciadas em 0,35 m do caule do cafeeiro.

Cada parcela foi composta por 5 plantas de cafeeiro, contendo 3 m de comprimento e 3,5 m de largura. As avaliações foram realizadas nas 3 plantas centrais, compreendendo uma área útil de 6,3 m<sup>2</sup> (1,8 m de comprimento e 3,5 m de largura).

As avaliações morfológicas e fisiológicas do cafeeiro foram realizadas no dia 18 de março de 2022, sendo avaliados parâmetros de caracterização da folha, ramo plagiotrópico e dados ambientais:

#### a) Análise foliar:

Para obtenção dos dados foliares, foram avaliadas as duas folhas totalmente expandidas do terceiro nó, a partir do ápice, do ramo plagiotrópico.

- Comprimento: determinado por meio da aferição da extensão da nervura central, com auxílio da régua, em centímetros.
- Largura: determinado por meio da aferição da porção mais larga do limbo, com auxílio da régua, em centímetros.
- Espessura: determinado pela aferição da altura entre as faces adaxial e abaxial da folha na porção mediana do limbo, com auxílio do paquímetro, em centímetros.
- Índice de clorofila: foi medido no terceiro par de folhas do terço médio da planta com o clorofilômetro SPAD-502
- Temperatura da folha: foi feita a medição com o auxílio de um termômetro infravermelho-Minipa sob as folhas do terço médio da planta (Figura 2 A).

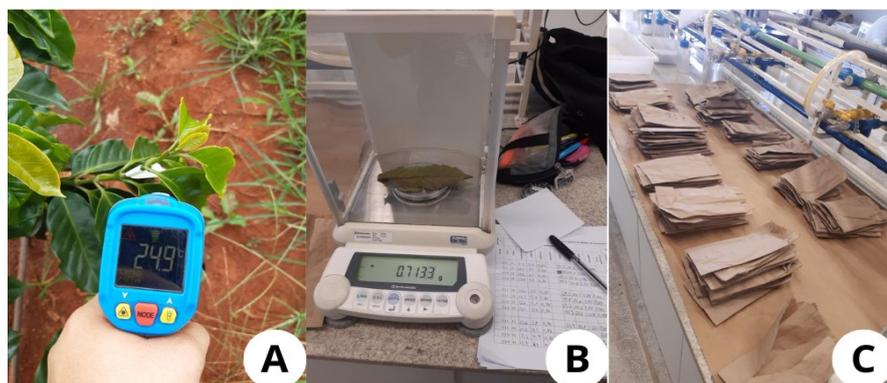


Figura 2. Avaliações de análise foliar. (A) Medição da temperatura foliar com um termômetro infravermelho – Minipa sob as folhas do terço médio da planta. (B) Obtenção da massa seca das folhas. (C) Amostras de folhas para análise.

- Massa fresca: massa da folha *in natura* obtida em uma balança analítica.
- Massa seca: obtida após a desidratação em uma estufa a cerca de 65°C com uma balança analítica (Figura 2 B e C).
- Número de estômatos: Para análise da superfície, foram realizadas impressões paradérmicas em lâminas de vidro com o auxílio de cola instantânea de éster de cianoacrilato. As impressões da epiderme da face abaxial foram observadas em microscópio trinocular Motic Modelo BA310, com sistema de captura acoplado AxioCam ERc 5s. A contagem dos estômatos foi realizada na objetiva de 10x delimitando-se uma área de 100x100  $\mu\text{m}^2$ . A contagem do número de estômatos foi convertida para  $\text{mm}^2$  multiplicando-se o número de estômatos encontrados por 100 (Figura 3).

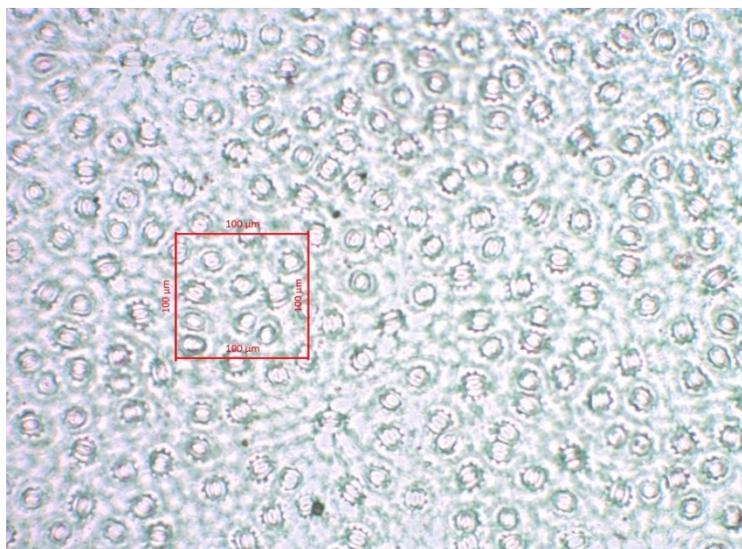


Figura 3. Impressão da folha de *Coffea arabica*, face abaxial, mostrando a área de 100 x 100  $\mu\text{m}^2$  avaliadas para contagem de estômatos.

#### b) Caracterização do ramo plagiotrópico:

- Comprimento de ramo plagiotrópico: determinado por meio da medição de um ramo plagiotrópico localizado no terço médio da planta, desde a inserção no ramo ortotrópico até o ápice, com auxílio de uma régua, em centímetros.
- Número de nós por ramo plagiotrópico: obtido mediante a contagem de nós em um ramo plagiotrópico localizado no terço mediano da planta, e seu respectivo ramo correspondente.
- Comprimento de internódios: aferição da distância entre a base do primeiro entrenó até o ápice do segundo entrenó e do segundo até o terceiro entrenó.
- Número de folhas: obtida pela contagem de folhas totalmente expandidas no mesmo ramo plagiotrópico onde foram efetuadas as demais avaliações.

c) Dados ambientais:

Os dados de temperatura do ar, temperatura do solo sob a copa, umidade relativa do ar e intensidade luminosa foram coletados com um termo-higro-anemômetro-luxímetro digital (LM 8000).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SPEED Stat (Carvalho e Mendes, 2017) após o atendimento das pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade de variâncias e aditividade de blocos. Quando detectadas diferenças significativas, as variáveis foram comparadas pelo teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfometria da folha de café não foi alterada com o cultivo da soja na entrelinha quando se considera o comprimento e espessura da folha e o teor de SPAD. Verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F. Na largura da folha, foram detectadas diferenças em função do número de linhas consorciadas com *Glycine max* ( $p$ -valor = 0,05) com tendência de maior valor para tratamentos com maior número de linhas.

As folhas dos cafeeiros apresentaram largura média de 5,52 cm, comprimento de 11,8 cm e espessura do limbo foliar de 0,284 mm, com índice de clorofila de 64,04 unidades de SPAD (Tabela 2).

**Tabela 2.** Largura (cm), comprimento (cm), espessura (mm) e índice de clorofila médio de folhas do cafeeiro (cultivar IPR 100) consorciados com soja (cultivar LG 60162IPRO)

Tratamentos	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Espessura(mm)	Clorofila
Sem soja	5,46 b	11,92 a	0,28 a	67,37 a
2 linhas de soja	5,33 b	11,52 a	0,28 a	67,98 a
4 linhas de soja	5,21 b	11,51 a	0,30 a	60,58 a
6 linhas de soja	5,75 a	12,20 a	0,28 a	58,96 a
8 linhas de soja	5,83 a	12,03 a	0,28 a	65,35 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de significância.

O aumento da população de plantas de soja na entrelinha do cafeeiro promoveu um aumento na largura das folhas de *C. arabica*. A partir da utilização de seis linhas, houve um incremento médio de 0,44 cm na largura em relação à ausência, 2 e 4 linhas de soja (Tabela 2). Esta resposta pode estar relacionada ao sombreamento exercido pela cultura da soja em altas densidades populacionais, com distância inferior a 0,75 cm do caule do cafeeiro. Comparada aos demais órgãos da planta, a folha apresenta maior plasticidade, conferindo características de adaptação às áreas a pleno sol e sombra (Craven *et al.*, 2011).

Os valores de clorofila não sofreram alterações em função do consórcio com a soja, até mesmo nas maiores densidades populacionais, o que possivelmente pode ser atribuído aos benefícios promovidos pela utilização de uma Fabaceae no consórcio, devido à fixação de nitrogênio.

Em ambientes sombreados há uma tendência de aumento no teor de clorofila total como forma de aumentar a capacidade da folha na absorção de luz (Larcher, 2006), entretanto, isso não foi observado na presente pesquisa. Corroborando os resultados, Trevisan *et al.* (2016) não verificaram diferenças significativas entre os índices de clorofila de cafeeiros a pleno sol e sob o sistema consorciado com mamoeiro. Desta forma, alguns fatores, tais como condições meteorológicas, cultivar e duração do sombreamento podem interferir neste parâmetro (Morais *et al.*, 2004).

Para as variáveis temperatura foliar, massa fresca, massa seca e número de estômatos na folha, não houve diferenças significativas em relação aos diferentes tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As folhas dos cafeeiros apresentaram, em média, 26,82 °C de temperatura, massa fresca de 1,15 g e 0,45 g para massa seca. A quantidade média de estômatos observada em uma folha de cafeeiro em uma área de 100 x 100  $\mu\text{m}^2$  foi de 9,07, o que demonstra que a quantidade de linhas de soja utilizada no consórcio não afetou estes parâmetros do cafeeiro (Tabela 3).

**Tabela 3.** Temperatura foliar (°C), peso fresco (g), peso seco (g) e número de estômatos por  $\mu\text{m}^2$  em folhas de cafeeiro em função do consórcio com a soja

Tratamentos	Temperatura da folha (°C)	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Número de estômatos por $10^4 \mu\text{m}^2$
Sem soja	26,65 a	1,19 a	0,47 a	9,12 a
2 linhas de soja	27,05 a	1,13 a	0,44 a	9,12 a
4 linhas de soja	27,91 a	1,03 a	0,40 a	9,00 a
6 linhas de soja	24,99 a	1,19 a	0,47 a	9,25 a
8 linhas de soja	27,50 a	1,24 a	0,49 a	8,87 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de F a 5% de significância.

Resultados opostos foram obtidos por Nascimento *et al.* (2006), os quais verificaram que os cafeeiros em monocultivo apresentaram maior quantidade de estômatos em relação ao consórcio com seringueira devido ao sombreamento promovido por essa espécie. Na presente pesquisa, ao se avaliar de forma isolada as características de densidade estomática e temperatura foliar, infere-se que a soja não foi capaz de sombrear o café. Entretanto, analisando de forma individualizada a variável largura da folha, observa-se diferenças significativas a partir de 6 linhas de soja.

Ao avaliar o comprimento do ramo plagiotrópico, distância dos internódios e número de folhas e internódios, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

Os cafeeiros apresentaram, em média, comprimento de 35,85 cm do ramo plagiotrópico, 2,25 cm de distância entre o 1º e o 2º internódio e 3,16 cm de distância entre o 2º e o 3º internódio, com média de 11,42 nós e 24 folhas por ramo produtivo (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento do ramo plagiotrópico, distância de internódios (cm), número de internódios e de folhas do cafeeiro em função do consórcio com a soja

Tratamentos	Comprimento do Ramo (cm)	Distância do 1º internódio (cm)	Distância do 2º internódio (cm)	Número de nós	Número de folhas
Sem soja	36,36 a	2,18 a	3,52 a	11,27 a	24,08 a
2 linhas de soja	35,71 a	2,10 a	2,88 a	11,56 a	25,55 a
4 linhas de soja	35,83 a	2,43 a	2,83 a	10,95 a	21,91 a
6 linhas de soja	34,53 a	2,28 a	3,37 a	11,40 a	24,33 a
8 linhas de soja	36,84 a	2,32 a	3,03 a	11,88 a	25,77 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

O cultivo da soja na entrelinha não causou sombreamento no cafeeiro e, desta forma, não proporcionou alterações no comprimento dos internódios nos diferentes tratamentos. Resultados opostos foram observados por Trevisan *et al.* (2012), os quais verificaram, no consórcio de café e seringueira, maior comprimento de ramos plagiotrópicos no sistema sombreado em relação ao monocultivo. De acordo com o presente trabalho, os resultados estão coerentes, uma vez que, não houve sombreamento do cafeeiro, portanto, não se esperava que houvesse essa diferença encontrada por Trevisan *et al.* (2012), visto que não foi realizada a análise de área foliar, neste estudo.

Analisando as variáveis temperatura do ar, temperatura do solo sob a copa do cafeeiro, umidade relativa e intensidade luminosa, verifica-se que não houve diferença significativa entre

os tratamentos avaliados ao nível de 5% pelo teste F.

Na área experimental, a temperatura média do ar foi de 41,96 °C, a temperatura do solo sob a copa do cafeeiro foi de 25,49 °C, umidade relativa de 35,39% e 884 lux de intensidade luminosa (Tabela 5), o que enfatiza que o consórcio não afetou as variáveis ambientais.

**Tabela 5.** Temperatura do ar (°C), temperatura do solo sob a copa (°C), umidade relativa (UR)% e intensidade luminosa (LUX) no consórcio cafeeiro e soja

Tratamentos	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do solo sob a copa (°C)	UR %	Intensidade luminosa (LUX)
Sem soja	42,33 a	26,64 a	35,60 a	886,00 a
2 linhas de soja	41,70 a	24,43 a	36,00 a	846,85 a
4 linhas de soja	42,01 a	26,61 a	34,29 a	930,15 a
6 linhas de soja	41,74 a	26,40 a	35,14 a	904,17 a
8 linhas de soja	42,04 a	23,35 a	35,92 a	852,57 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

A pesquisa apresenta informações que podem ser úteis para o manejo consorciado do café com outras culturas como a soja. Sugere-se que um espaçamento mínimo entre a linha de soja e o ramo ortotrópico do cafeeiro seja nos mesmos moldes do já praticado em plantio de cobertura e manejo de plantas daninhas. Neste caso, a quantidade de linhas de soja dependerá do espaçamento de plantio do cafeeiro.

## 6. CONCLUSÕES

A utilização da soja na entrelinha do cafeeiro não afeta os parâmetros morfológicos e de crescimento de *Coffea arabica* L, com exceção do parâmetro largura da folha, na qual verifica-se aumento desta característica a partir da utilização de quatro linhas de soja.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. **Cultivares de café**. Brasília: EMBRAPA, 2007. p. 31-48.

BRODRIBB, T. J.; FEILD, T. S.; JORDAN, G. J. J. Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 144, p. 1890-1898, 2007.

CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. **Anais...** 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 2017. 333p.

CARVALHO, C.H.S. **Cultivares de Café**. Brasília: Embrapa, 2007. 247 p.

COELHO, R. A. et al. Efeito de leguminosas arbóreas na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, v. 1, n.1, p.21-27, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de café**, safra 2022, terceiro levantamento. 2022. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CRAVEN, D. et al. Seasonal variability of photosynthetic characteristics influences growth of eight tropical tree species at two sites with contrasting precipitation in Panama. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1643–1653. 2011.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. DA., BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., MUNER, L. H. de. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p.37-47.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, MG, 1999. 359 p.

LARCHER, W. 2006. **Ecofisiologia Vegetal**. 3ra ed. RiMa, São Carlos, SP, Brasil. 550pp.

LEAL, A. C. et al. Consórcio agroflorestal café x seringueira em Londrina (PR): efeito na produtividade e na temperatura das folhas de café. **Anais...XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2007, Aracaju, SE. Anais, 2007.

MARCHI, S. et al. Variation in mesophyll anatomy and photosynthetic capacity during leaf development in a deciduous mesophyte fruit tree (*Prunus persica*) and an evergreen sclerophyllous Mediterranean shrub (*Olea europaea* L.). **Trees**, New York, v. 22, p. 559-571, 2008.

MELO, J. T. de; GUIMARÃES, D. P. A cultura do café em sistemas consorciados na região do Cerrado. **Anais...** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas, 2000.

MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.4, p.863- 871, 2004.

NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, v. 36, n. 03, p. 852-857, 2006.

ORTEGA, A. C., JESUS. C. M., MOURO, M. C. Mecanização e emprego na cafeicultura do cerrado mineiro. **Revista ABET**, v. 08, n. 2, p. 58-82. 2009.

PAULO, E. M. et al. Produtividade do café Apatã em consórcio com leguminosas na Região da Alta Paulista. **Bragantia**, v. 60, n. 3, pp. 195-199, 2001.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Biotemas**, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Caracterização da anatomia foliar do cafeeiro arábica após períodos chuvoso e seco. **Anais... VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Bahia**, 2013.

REGIÃO DO CERRADO MINEIRO. **Dados da região**. Disponível em:<  
<http://cerradomineiro.org/regiao/a-regiao/>>. Acesso em 12 de Maio de 2022.

REZENDE, P. M. et al. Consórcio soja-café I. Comportamento de cultivares e do número de linhas de soja [*Glycine max* (L). Merrill] sobre o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em sistema de consórcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n.1, p 38, 2000.

RICCI, M. S. F. et al. **Influência da adubação verde sobre o crescimento, estado nutricional e produtividade do café (*Coffea arabica*) cultivado no sistema orgânico**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 29 p. (Documentos, 153).

SACK, L.; HOLBROOK, N. M. Leaf hydraulics. **The Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 57, p. 361-381, 2006.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed, Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356p.

SOUZA, F. F. et al. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. 2004. Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54346/1/Doc93-cafe.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

TREVISAN, E. et al. Distância de internódios, crescimento acumulado e número de nós do café conilon sombreado com seringueira e a pleno sol. **Anais...38º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 2012.

TREVISAN, E. et al. Índice relativo de clorofila e crescimento vegetativo no café conilon em sistema consorciado com mamão e a pleno sol. **Anais...42º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 2016.