



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE
ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E NAS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DE CAFEIEIRO SOMBREADO**

KÁTIA PRISCILLA GOMES MORINIGO

**Araras
2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE
ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E NAS CARCTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DE CAFEIEIRO SOMBREADO**

KÁTIA PRISCILLA GOMES MORINIGO

**ORIENTADOR: PROF. Dr. RUBISMAR STOLF
COORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. ANASTÁCIA FONTANETTI**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agroecologia e
Desenvolvimento Rural como requisito
parcial à obtenção do título de
**MESTRE EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras
2016

Morinigo, Kátia Priscilla Gomes

Efeitos da distribuição espacial de árvores sobre atributos físicos e químicos do solo e nas características agronômicas e produtivas de cafeeiro sombreado. / Kátia Priscilla Gomes Morinigo. -- 2016.

51 f.: 30 cm.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de São Carlos,
Campus Araras, Araras

Orientador: Prof. Dr. Rubismar Stolf; Co-orientadora: Prof^a.Dr^a.
Anastácia Fontanetti

Banca examinadora: Prof. Dr. Rubismar Stolf, Prof^a.Dr^a. Renata
Evangelista de Oliveira, Prof^a.Dr^a. Anna Lygia de Rezende Maciel
Bibliografia

1. *Coffea arabica* L. 2. Resistência mecânica. 3. Sistema agroflorestal. I.
Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

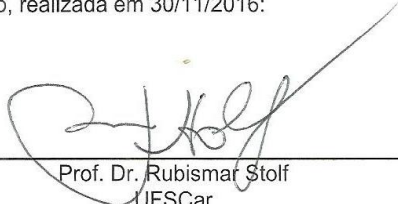


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

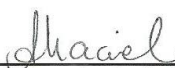
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Kátia Priscilla Gomes Morinigo, realizada em 30/11/2016:



Prof. Dr. Rubismar Stolf
UFSCar



Profa. Dra. Renata Evangelista de Oliveira
UFSCar



Profa. Dra. Anna Lygia de Rezende Maciel
IFSULDEMINAS

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por nunca me abandonar.

À minha família, e ao meu namorado Maicon pelo companheirismo e por estar sempre me apoiando e incentivando.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Rubismar Stolf, pela compreensão e apoio.

A minha Co-Orientadora Profa. Dra. Anastácia Fontanetti, pelo empenho, muita paciência e apoio.

Ao Senhor Jefferson Rissato Adorno, por aceitar o desenvolvimento deste trabalho em sua propriedade.

Aos meus amigos Nathália e Anderson, pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo.

À Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural pela oportunidade.

E a todos que, de alguma maneira, estiveram e contribuíram no desenvolvimento desse trabalho.

Sumário

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
RESUMO	5
ABSTRACT	6
2.1. INTRODUÇÃO	7
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
2.3.1. Resistências mecânicas à penetração e umidade do solo	12
2.3.2. Atributos químicos do solo	15
2.4. CONCLUSÕES	17
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 2 – EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES NAS CARACTERÍSTICA AGRONÔMICAS DE CAFEEIROS SOMBREADO	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
3.1. INTRODUÇÃO	23
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.3.1. Características agronômicas do cafeeiro	30
3.3.2. Produção do cafeeiro	31
3. 4. CONCLUSÃO	34
3. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
4. CONCLUSÕES GERAIS	37

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM CAFEIEIRO SOMBREADO

Tabela 1- Precipitação pluviométrica total, temperatura mínima, máxima e média no mês, umidade relativa do ar mínima, máxima e média no mês.....	09
Tabela 2 – Composição granulométrica de um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro arborizado.....	09
Tabela 3- Resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo, na linha de plantio e na linha de tráfego do cafeeiro arborizado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	13
Tabela 4- Caracterização química do solo na profundidade (PROF) de 0-20 cm e 20-40 cm, pH, fósforo (P), matéria orgânica (Mo), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e alumínio trocável (Al ³⁺) em cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	16

CAPÍTULO 2 – EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE CAFEIEIRO SOMBREADO

Tabela 1 – Caracterização química do solo na profundidade (Prof) de a-20 e 20-40 cm, em cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	26
Tabela 2 – Altura da planta (m), diâmetro da copa (m) e comprimento do ramo plagiotrópico (cm), de cafeeiro em função da distribuição espacial e árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	31
Tabela 3 – Produção em frutos do cafeeiro, valor total (VE+CE+BO) e parcial (CE, VE e BO), após colheita, lavagem e separação em verde (VE), cereja CE) e bóia (BO), em função da distribuição espacial de árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	32

Tabela 4 - Produção em grãos secos de cafeeiro, valor total (VE+CE+BO) e valor parcial (CE, VE e BO), em função da distribuição espacial de árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015	32
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM CAFEIEIRO SOMBRADO

Figura 1: Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhamento dos pontos amostrais (B). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015. 10

CAPÍTULO 2 – EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE CAFEIEIRO SOMBRADO

Figura 1: Demarcação em vermelho representa o total da área da Fazenda Retiro Santo Antônio (a). Em amarelo representação do total de área com cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas (b)..... 25

Figura 2: Temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar mínima e máxima (a). Precipitação pluviométrica total (b) nos meses de condução do experimento. Fazenda Retiro Santo Antônio, SP, 2015..... 25

Figura 3: Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhamento dos pontos amostrais (B). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015..27

Figura 4: Secagem de frutos de cafeeiro em embalagem rendinha, após separação em cereja, verde e bóia. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.. 29

Figura 5: Porcentagem da massa de grãos verde, cereja e bóia, secos e descascados, de cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.... 33

EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E NAS CARCTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DE CAFEIEIRO SOMBREADO

RESUMO GERAL

No Brasil, a cafeicultura é realizada na sua maioria a pleno sol e, somente em regiões que tradicionalmente sofrem com geada, ou com elevada temperatura do ar é comum a prática de arborização dos cafezais. No entanto, nas últimas décadas a cafeicultura brasileira tem passado por diversas modificações, na busca por sistemas de cultivos mais sustentáveis, tanto nos aspectos produtivos e econômicos, mas principalmente no uso e conservação dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos químicos e físicos do solo e na produção do cafeeiro sombreado. Capítulo 1. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi a localização dos pontos de amostragem do solo no cafezal sombreado, determinados por dois pontos na mesma linha de plantio das árvores (D1L- um metro de distância do tronco da árvore e D6L - seis metros de distância do tronco da árvore) e dois pontos paralelos a esses localizados na entrelinha de plantio das árvores (D1E e D6E). O segundo fator foi a profundidade de coleta do solo: 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. As maiores resistências mecânicas do solo à penetração foram observadas no ponto D1L e D1E. O menor valor de pH e o maior teor de alumínio no solo foi encontrado na linha de plantio das árvores no ponto D1L. A distribuição espacial das árvores não alterou a umidade e os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro. Capítulo 2. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições: 1) D1L - cafeeiros

localizados na linha de plantio das árvores a um metro de distância do tronco da árvore; 2) D6L - cafeeiros localizados na linha de plantio das árvores a seis metros de distância do tronco da árvore; 3) D1E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelos ao ponto D1L; e 4) D6E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelos ao ponto D6L. Foi avaliado o efeito da distribuição espacial das árvores na produção e em características agronômicas do cafeeiro (altura, diâmetro e comprimento do ramo plagiotrópico), em sistema sombreado. Não houve efeito da distribuição espacial das árvores sobre as características agronômicas ou na produção do cafeeiro no sistema avaliado.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., crescimento vegetativo, resistência mecânica, produtividade, sistema agroflorestal

EFFECTS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF TREES ABOUT PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL AND THE AGRONOMIC AND PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF COFFEE TREE SHADING

ABSTRACT

In Brazil the coffee production is performed mostly in full sun and, only regions that traditionally suffer from Frost, as the Southeast and South and in some localities of the North and Northeast where there is high air temperature it is common practice of afforestation of the coffee plantations. In recent decades the Brazilian coffee production has gone through several modifications, in the search for more sustainable crop systems, both in the productive and economic aspects, but especially in the use and conservation of natural resources. The aim of this study was to evaluate the effect of the spatial distribution of trees in the chemical and physical attributes of soil and productivity of the coffee tree shading. Chapter 1. The experimental design was of randomized blocks in factorial scheme 4 x 2, with four repetitions. The first factor was the location of sampling points of soil in shaded coffee plantation, determined by two points on the same line of planting trees (D1L - one meter away from the trunk of the tree and D6L - six meters away from the trunk of the tree) and parallel to these two points located in the planting of trees leading (D1E and D6E). The second factor was the soil sampling depth: 0 - 0,20 and 0,20 - 0,40 meters. The greatest soil mechanical resistance to penetration were observed in point D1L and D1E. The lowest pH value and the highest content of aluminum in the soil was found in the line of planting of trees in point D1L. The spatial distribution of trees did not alter the moisture and the levels of organic matter, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, which have remained within the ranges considered appropriate for coffee cultivation. Chapter 2. The experimental design used was randomized blocks with four treatments and six replications: 1) D1L - coffee trees located in the planting of trees line the one meter away from the trunk of

the tree; 2) D6L - coffee trees located in the planting of trees line the six meters away from the trunk of the tree; 3) D1E - coffee trees located between the lines of trees, parallel to D1L point; and 4) D6E - coffee trees located between the lines of trees, parallel to D6L point. Was evaluated the effect of the spatial distribution of trees in production and agronomic characteristics of the coffee tree (height, diameter and length of the branch plagiotrópico), in Chade system. There was no effect of spatial distribution of trees on the agronomic characteristics or in coffee production in the system evaluated.

Keywords: *Coffea arabica* L., agroforestry system, mechanical resistance, productivity, vegetative growth

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador mundial de café arábica (*Coffea arabica* L.), responsável por 30% do mercado internacional. O cultivo do cafeeiro é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas no país, gerando aproximadamente 8,4 milhões de empregos no meio rural (MAPA, 2016), além de empregos indiretos em armazéns, indústrias de máquinas e equipamentos, nos portos e também nos mercados de produtos farmacêuticos e cosméticos (FERREIRA JUNIOR et al., 2016).

No ano de 2016 a área total plantada de café no Brasil foi de 2,21 milhões de hectares, sendo 267 mil hectares em formação e 1,94 milhões de hectares em processo produtivo (Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, 2016). De acordo com a CONAB (2016) os principais estados produtores são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia e Goiás, que correspondem a 98,8% da produção nacional. No estado de São Paulo a estimativa da área ocupada com lavouras de café é de 216.842,7 hectares cultivados (Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2016). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (2016), até setembro de 2016 o Brasil havia exportado aproximadamente 24,5 milhões de sacas, gerando US\$ 3,7 bilhões de receita para o país.

De origem etíope, onde ainda hoje se encontram exemplares selvagens, ou pseudo-selvagens, do cafeeiro, a planta ocupava o estrato de sub-bosque, em diferentes intensidades de sombreamento (ALVARENGA et al., 2004). Em vários países da América Latina é comum o cultivo de cafeeiros em consórcio com árvores (NANNETI, 2012). No entanto, no Brasil a cafeicultura é realizada majoritariamente a pleno sol e, somente regiões que tradicionalmente sofrem com geada, como o sudeste e sul e em algumas localidades das regiões norte e nordeste em que há elevada temperatura do ar é comum a prática de arborização dos cafezais (JAMILLO-BOTERO et al., 2006).

A arborização é um termo utilizado para sistemas agroflorestais em que o sombreamento proporcionado é baixo (ralo), normalmente entre um quarto e um oitavo da superfície do agroecossistema (RICCI et al., 2013; ALVARENGA et al., 2004).

A utilização de árvores em consórcio com o cafeeiro pode alterar o microclima da área produtiva, reduzindo as temperaturas do ar, solo e folhas (RICCI et al., 2013), a variação da amplitude térmica (BEER et al., 1998) e ainda minimizar os efeitos indesejados dos ventos e granizo (ALVARENGA et al., 2004). Entre os efeitos esperados nos aspectos vegetativos do cafeeiro, estão: o aumento no número de ramos primários e secundários, produção de internódios mais longos, redução no número de folhas, aumento de área foliar, produção de frutos maiores, mais tenros e açucarados e aumento do potencial produtivo do cafeeiro (COELHO et al., 2004). A arborização do cafeeiro pode ainda auxiliar na ciclagem de nutrientes e incremento da matéria orgânica do solo (CAMPANHA et al., 2007), melhorando a estrutura e a fertilidade do mesmo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010).

Atualmente existe crescente interesse pela arborização dos cafeeiros, estimulados pelas certificadoras de produtos orgânicos e ou de produtos originados de sistemas de produção em que se utilizam espécies arbóreas nativas (FERREIRA, 2005; NANNETI, 2012). Ressalta-se que para a pequena cafeicultura de exploração familiar, a certificação de cafés, possibilita atender às características exigidas por nichos de mercado e segmentos restritos de consumidores que se dispõem a pagar prêmio por qualidade (TEIXEIRA; MILAGRES, 2009).

É importante destacar que os efeitos da arborização no cafeeiro variam em função da altitude, da radiação fotossintética ativa, da fertilidade do solo e das espécies arbóreas utilizadas (RICCI et al., 2013). Além disso, a distribuição espacial das espécies arbóreas e dos cafeeiros no sistema pode definir o sucesso do mesmo (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006).

Este trabalho está dividido em dois capítulos, cada capítulo em formato de artigo para publicação. O capítulo um se trata do efeito da distribuição espacial de árvores em cafeeiro sombreado sobre as características químicas (avaliação de amostras de solo em laboratório) e nos atributos físicos do solo (avaliação da resistência mecânica do solo a penetração com uso do penetrômetro de impacto). E o capítulo dois é o efeito da distribuição espacial de árvores sobre as características agrônômicas e na produção do cafeeiro.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos químicos e físicas do solo e na produção do cafeeiro sombreado.

1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: Café – Safra 2016 – Segundo Levantamento. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>

ALVARENGA, A. de P.; VALE, R. S. do; COUTO, L.; VALE, F. A. F. do; VALE, A. B. do. Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

BEER, J. W. et al. Coffe shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139-164, 1998.

COELHO, R. A. et al. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.

COELHO, R. A. et al. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.

FERREIRA, L. T. **Brasil exporta 16,3 milhões de sacas de café e arrecada US\$ 2,4 bilhões de receita no primeiro semestre de 2016. Valor Bruto da Produção de café deverá ser de R\$ 23,17 bilhões em 2016.** Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/719-2016-07-12-14-29-27>>. Acessado em: 18 de julho de 2016.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 639-645, 2010.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Informe Estatístico do Café – setembro de 2016**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 17 out. 2016.

NANNETTI, A. N. **Produtividade de cafeeiros em Sistema Agroflorestal. 2012. 38p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)** - Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2012. 38p.

RICCI, M. S. F.; CONCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

TEIXEIRA, C. G. Z.; MILAGRES, T. S. Economicidade e certificação da cafeicultura familiar na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 39, núm. 4, 2009, pp. 317-329

CAPÍTULO 1 – EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM CAFEIEIRO SOMBREADO

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores em cultivo de cafeeiro sombreado, sobre a resistência mecânica, umidade e propriedades químicas do solo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi a localização dos pontos de amostragem do solo no cafezal sombreado, determinados por dois pontos na mesma linha de plantio das árvores (D1L- um metro de distância do tronco da árvore e D6L - seis metros de distância do tronco da árvore) e dois pontos paralelos a esses localizados na entrelinha de plantio das árvores (D1E e D6E). O segundo fator foi a profundidade de coleta do solo: 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. As maiores resistências mecânicas do solo à penetração foram observadas no ponto D1L e D1E. O menor valor de pH e o maior teor de alumínio no solo foi encontrado na linha de plantio das árvores no ponto D1L. A distribuição espacial das árvores não alterou a umidade e os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro.

Palavras-chaves: *Coffea arabica* L., resistência mecânica, umidade

EFFECTS OF SPATIAL DISTRIBUTION ON TREES IN PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES IN SHADED COFFEE

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of spatial distribution of tree species on shaded coffee plants, to mechanical strength, moisture and chemical characteristics of the soil. The experimental design was of randomized blocks in factorial scheme 4 x 2, with four repetitions. The first factor was the location of sampling points of soil in shaded coffee plantation, determined by two points on the same line of planting trees (D1L - one meter away from the trunk of the tree and D6L - six meters away from the trunk of the tree) and parallel to these two points located in the planting of trees leading (D1E and D6E). The second factor was the soil sampling depth: 0 - 0,20 and 0,20 - 0,40 meters. The greatest soil mechanical resistance to penetration were observed in point D1L and D1E. The lowest pH value and the highest content of aluminum in the soil was found in the line of planting of trees in point D1L. The spatial distribution of trees did not alter the moisture and the levels of organic matter, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, which have remained within the ranges considered appropriate for coffee cultivation.

Index terms: *Coffea arabica* L., mechanical resistance, moisture

2.1. INTRODUÇÃO

A arborização dos cafeeiros é uma técnica antiga predominante no norte da América Latina e muito utilizada no Brasil nas regiões norte e nordeste, na década de 60 (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006). Porém, atualmente no Brasil o cafeeiro é cultivado predominantemente a pleno sol, em sistemas adensados e com maior número de plantas por área (Coelho et al., 2004), pois algumas experiências, já conduzidas, com cafeeiros arborizados culminaram em elevada perda de produtividade como mencionado por Campanha et al. (2004).

Os efeitos da arborização em cafeeiros variam em função da altitude, da radiação fotossintética ativa, da fertilidade do solo e das espécies arbóreas utilizadas (RICCI; CONCHETO JUNIOR; ALMEIDA, 2013). Além disso, a distribuição espacial das espécies arbóreas e dos cafeeiros no sistema pode definir o sucesso do mesmo (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006).

Os sistemas arborizados contribuem diretamente para o aumento da umidade do ar; menor amplitude térmica; alteração na quantidade e qualidade da radiação solar; redução da velocidade do vento e manutenção ou aumento da umidade do solo (MORAIS et al., 2003; OLIVEIRA, et al., 2006), com implicações indiretas sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo, e nos aspectos ecofisiológicos do cafeeiro (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010).

Chagas et al. (2012), avaliando a resistência do solo à penetração, no cultivo de cafeeiro arborizado, verificaram efeitos distintos advindos de diferentes espécies arbóreas. O cafeeiro arborizado com macadâmia (*Macadamia intergrifolia*), tanto na linha quanto na entrelinha, apresentou menor resistência à penetração, que o cultivo a pleno sol, enquanto que em área arborizada com coqueiro-anão (*Cocos nucifera*), o solo do cafeeiro a pleno sol apresentou menor resistência à penetração. Pequeno et al. (2011) verificaram que a maior diversidade de espécies arbóreas no cafeeiro

sombreado reduz a densidade do solo na profundidade de 0-10 cm, porém, aumenta a densidade do solo na profundidade de 10-20 cm. Machado et al. (2014), observaram maior densidade do solo no cultivo de cafeeiro arborizado.

Em relação aos efeitos do sombreamento sobre as características químicas do solo, os resultados, na literatura, são controversos. Salgado et al. (2006), estudando cafeeiros sombreados com Ingazeiro (*Inga edulis*) e Grevílea (*Grevillea robusta*) constataram que as espécies não contribuíram para o aumento da matéria orgânica, e os melhores resultados nas características químicas do solo foram observados no cultivo do cafeeiro a pleno sol, de acordo com os autores, devido à demanda nutricional das espécies arbóreas. Já Campanha et al. (2007) verificaram melhores condições de fertilidade do solo quanto às características Al, Ca, Mg, CTC, SB, Zn e Cu no sistema sombreado e, de P e matéria orgânica no cultivo a pleno sol.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores em cultivo de cafeeiro sombreado, na resistência mecânica, umidade e propriedades químicas do solo.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido, na Fazenda Retiro Santo Antônio, localizada no município de Santo Antônio do Jardim, estado de São Paulo (22°06'S e 46°40' W, 850 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Koppen (1948), é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na tabela 1.

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, 2006), a composição granulométrica encontra-se na tabela 2.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica total, temperatura mínima, máxima e média no mês, umidade relativa do ar mínima, máxima e média no mês.

Meses	Precipitação mm	Temperatura °C			Umidade do ar %		
		Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Março	475	18,1	26,6	24,1	87	98	87
Abril	165	17,5	27,2	22,3	70	93	92
Mai	123	14,6	23,1	22,3	88	98	81

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Retiro Santo Antônio (2015).

Tabela 2. Composição granulométrica de um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro arborizado.

Profundidades cm	Frações granulométricas		
	Argila	Silte	Areia
0-10	25,10	18	56,90
10-20	30,57	21,08	48,34
20-40	21,05	42,75	36,20
40-60	20,04	37,90	42,06

A lavoura cafeeira avaliada, cv. Obatã, foi implantada no ano de 2007, no espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,80 m entre plantas ($3.571 \text{ plantas ha}^{-1}$), cultivada em consórcio com três espécies de árvores da família fabaceae: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (Angico do cerrado); *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record (Angico branco) e *Cassia grandis* Linnaeus f (Cassia rosa), implantadas no ano de 2009, com espaçamento de 14 m entre as linhas e 16 m entre as árvores, na linha de plantio ($44 \text{ plantas ha}^{-1}$), distribuídas na área conforme descrito na figura 1.

A adubação do cafeeiro foi realizada de acordo a análise química do solo seguindo a recomendação de Raij et al. (1996). Aplicação de uréia protegida, três vezes ao ano, na dose de 50 g por planta, e as últimas aplicações foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2014 e fevereiro de 2015; cloreto de potássio aplicado duas vezes ao ano na dose de 10 g por planta, sendo a última aplicação realizada em fevereiro de 2015; cama de frango e palha de café, aplicadas uma vez ao ano, na dose de 1 kg por planta e a última aplicação foi realizada em outubro de 2014. Não foram realizadas adubações com fósforo e boro no ano desse experimento. Os tratos

culturais, tais como adubação, roçada, arruação e colheita são realizados mecanicamente. Em outubro de 2013, dezessete meses anterior a realização deste trabalho, foi utilizado o subsolador nas entrelinhas do cafezal, a aproximadamente 1,75 m da linha de plantio do cafeeiro. O subsolador atinge a profundidade de 40 a 50 cm do solo e o implemento é elevado quando se aproxima das raízes das espécies arbóreas.

2.2. Tratamentos e Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi a localização dos pontos de amostragem do solo no cafezal sombreado, determinados por dois pontos na mesma linha de plantio das árvores (D1L- um metro de distância do tronco da árvore e D6L - seis metros de distância do tronco da árvore) e dois pontos paralelos a esses localizados na entrelinha das árvores, distantes sete metros da linha de plantio das mesmas (D1E e D6E) (Figura 1). O segundo fator foi a profundidade de coleta do solo: 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. As parcelas experimentais foram formadas por três plantas de cafeeiro (2,40 m x 3,5 m). Na figura 1 está representada a área experimental e a distribuição espacial dos pontos de amostragem do solo no cultivo de cafeeiro sombreado.

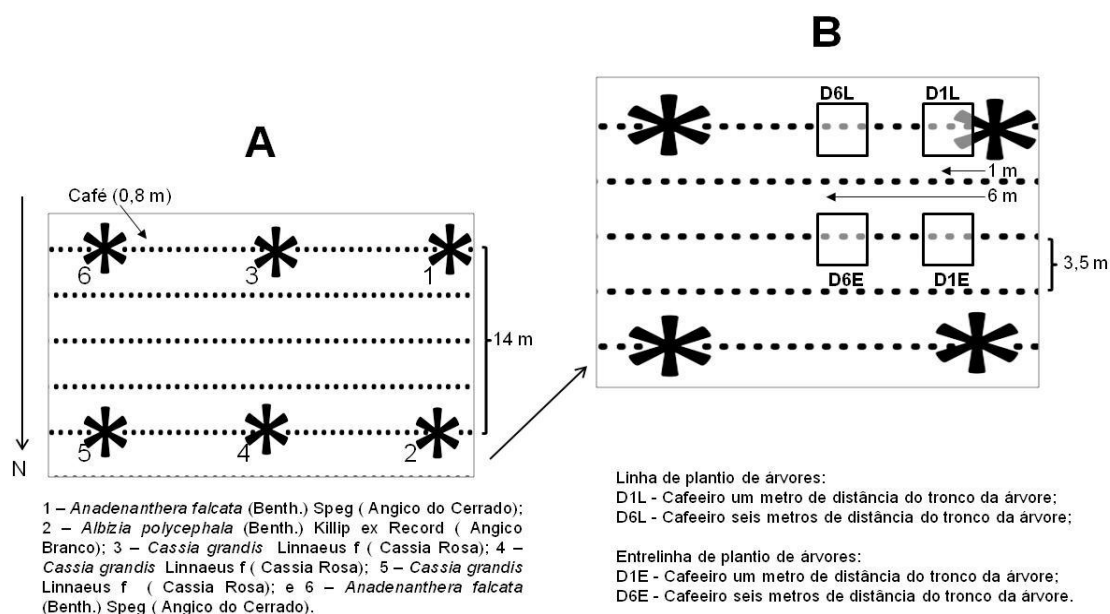


Figura1. Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhamento dos pontos amostrais (B). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

2.3. Avaliações

Os dados foram coletados nos dias 30 de abril e 01 de maio de 2015, ressalta-se que nos dez dias, que antecederam as coletas, não houve precipitação pluviométrica.

2.3.1 Resistência Mecânica do solo à penetração e umidade gravimétrica

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração nos tratamentos D1L, D6L, D1E e D6E (figura 1) foram realizadas: na linha de plantio do cafeeiro e na linha de tráfego (distante à 1,20 m da linha de plantio, onde ocorre o tráfego dos rodados). Para a avaliação de resistência mecânica do solo a penetração utilizou-se o equipamento Penetrômetro de Impacto, modelo IAA/Planalsucar/Stolf (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983).

O cálculo da resistência do solo à penetração foi calculado pela equação:

$$RP = \{5,6+(68,9/(P/N))\}/10,2$$

; onde RP = Resistência mecânica do solo à penetração (em MPa); P = profundidade de penetração do penetrômetro (em cm); N = número de impactos (golpes) por camada de solo analisada (STOLF, 1991).

Para a determinação da umidade gravimétrica, foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo, utilizando-se trado holandês, conforme descrito, anteriormente, para avaliação da resistência mecânica a penetração. As amostras de solo foram armazenadas em embalagem impermeável, vedadas e identificadas, sendo pesadas em seguida (massa de solo úmido – Mu). Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e transferidas para a estufa de secagem com circulação de ar na temperatura de 110 °C, por 24 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para determinação da massa seca (Ms).

Para calcular a umidade gravimétrica do solo utilizou-se a expressão:

$$U\% = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100$$

, onde U = Umidade gravimétrica do solo, %; Mu = Massa de solo úmido, g; Ms= Massa de solo seco em estufa, dada em g (EMBRAPA, 1999).

2.3.3. Avaliação dos atributos químicos do solo

Para as avaliações químicas do solo nos tratamentos D1L, D6L, D1E e D6E foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo nas profundidades de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m sob projeção da copa dos cafeeiros utilizando-se trado holandês. Para cada tratamento e profundidade foram coletadas quatro amostras compostas, obtidas a partir de três subamostras (com \pm 500 g de solo). Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas para a análise química em laboratório. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Raij et al. (2001), onde o pH foi extraído em CaCl₂ e os valores para o P, Ca, Mg e K foram mensurados utilizando resina extratora.

2.4. Interpretações dos dados e Análises estatísticas

Para a interpretação dos dados de penetrometria foram empregados os critérios que adotam as seguintes classes de resistência mecânica do solo à penetração: Baixa = 0,1 a 1,0 MPa; Moderada = 1,0 a 2,0 MPa; Alta = 2,0 a 4,0 MPa; Muito alta = 4,0 a 8,0 Mpa; e Extremamente alta = acima de 8,0 Mpa (ARSHAD; LOWERY; GROSSMAN, 1996; SOIL SURVEY STAFF, 1993).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa para análises estatísticas o software Assistat (7.6 beta versão 2012) (SILVA, 2012). Os dados de resistência do solo à penetração foram transformados pela equação \sqrt{x} , para atender às pressuposições da análise de variância, já que não apresentavam homogeneidade de variâncias residuais.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Resistências mecânicas à penetração e umidade do solo

A análise de variância (ANOVA) realizada para a variável resistência mecânica do solo à penetração na linha de plantio do cafeeiro revelou efeito significativo isolado para o fator pontos de amostragem do solo (D1L, D6L, D1E e D6E). Já a ANOVA realizada, para a mesma variável, na linha de tráfego do cafezal demonstrou efeito apenas do fator profundidade do solo.

Na linha de plantio do cafeeiro, os maiores valores de resistência à penetração (RP) foram observados nos pontos D1L (mesma linha de plantio das árvores à um metro de distância do tronco) e D1E (localizado na entrelinha das árvores, paralelo ao ponto D1L) (Tabela 3). Na linha do cafeeiro, os pontos D1L e D1E apresentaram valores de RP acima de 5,1 Mpa, considerados restritivos para o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro (CAMARGO; ALLEONI, 1997). A maioria das raízes ativas do cafeeiro concentra-se próximo à projeção da copa (saia do cafeeiro), a compactação do solo, nesse caso, dificulta o desenvolvimento radicular e conseqüentemente a disponibilidade de nutrientes e água para a cultura (FERNANDES; SANTINATO; SANTINATO, 2012).

Tabela 3. Resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo, na linha de plantio e na linha de tráfego do cafeeiro arborizado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Tratamentos	Resistência a Penetração e Umidade			
	Linha do cafeeiro		Linha de tráfego	
	RP ---Mpa--	Umidade kg kg ⁻¹	RP ---Mpa---	Umidade kg kg ⁻¹
D1L	8,89a*	0,11 ^{ns}	5,33 ^{ns}	0,12 ^{ns}
D6L	4,84b	0,13	4,73	0,13
D1E	6,55ab	0,13	4,13	0,15
D6E	4,71b	0,13	2,99	0,14
Profundidades cm				
0-20	5,79 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,19b**	0,14 ^{ns}
20-40	6,70	0,12	5,40a	0,13
CV%	19,07	17,85	19,69	15,63

*significativo em nível de 1%, ** 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo de acordo com o teste F. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 1% ou 5% de probabilidade. D1L= mesma linha de plantio da árvore, distante um metro do tronco; D6L = mesma linha de plantio da árvore, distante seis metros do tronco; D1E = entrelinha da árvore paralelo ao ponto D1L; D6E= entrelinha da árvore, paralelo ao ponto D6L.

De acordo com Reichert; Suzuki; Reinert (2007) as principais forças externas para a compactação do solo em sistema silvipastoril são o pastejo dos animais, as raízes das árvores e os veículos utilizados para as operações florestais. Especificamente sobre as árvores, os autores destacam que as raízes podem aproximar as partículas do solo, aumentando a compactação. No presente estudo, o ponto D1L é o mais próximo a árvore, assim uma das prováveis causas para o aumento da RP nesse ponto, pode estar relacionada à maior concentração das raízes da árvore.

Para a amostragem realizada na linha de tráfego do cafeeiro não se observou efeito dos pontos D1L, D6L, D1E e D6E na RP (Tabela 3). Os valores de RP foram, em geral, menores dos que os observados na linha de plantio do cafeeiro, porém, ainda, dentro da faixa muito alta de compactação (ARSHAD; LOWERY; GROSSMAN, 1996). Esse resultado difere do observado por Palma et al. (2013) num solo com classe textural argila arenosa na profundidade de 0,15 m, os valores de RP foram maiores na linha de tráfego em relação a linha de plantio do cafeeiro. Porém, Lima et al. (2005) observaram maior compactação do solo sob a projeção da copa (linha de plantio), em um pomar de laranja cultivado em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa, os autores relatam que esse local foi o mais afetado pelo tráfego de máquinas agrícolas possivelmente em função da ausência de cobertura vegetal.

No presente estudo, outra possível causa para a menor RP do solo na linha de tráfego do cafeeiro em relação à linha de plantio deve-se a realização da subsolagem na entrelinha de plantio, dezessete meses anterior as avaliações. De acordo com Drescher et al. (2016), o efeito da subsolagem na RP de um solo argiloso pode permanecer no mínimo por 18 meses na camada de 0,15 m. Fato que, também, pode justificar a maior resistência à penetração observada na profundidade de 20-40 cm do solo, na linha de tráfego do cafeeiro (Tabela 3).

Para a umidade do solo não houve efeito significativo dos fatores avaliados. Na linha de plantio e na linha de tráfego do cafeeiro, independente da profundidade, os pontos apresentaram teores de umidade semelhantes (Tabela 3). Ebisa (2014) estudando o efeito da sombra das árvores sobre as características do solo e produção de café não encontrou diferenças para o teor de umidade do solo entre os pontos de amostragem, localizados à três, cinco e sete metros de distância dos troncos das árvores, embora a umidade tenha sido superior ao do cafeeiro cultivado em sistema a pleno sol.

2.3.2. Atributos químicos do solo

A análise de variância não demonstrou efeito significativo dos fatores, ponto amostral, profundidade do solo e interação entre ponto amostral x profundidade do solo para as variáveis: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca de cátions (CTC).

Para o pH do solo, observou-se efeito isolado do fator ponto amostral. A maior acidez (menor valor de pH) foi observada no ponto amostral D1L que não diferiu do ponto D6L (Tabela 4). Salgado et al. (2006) também verificaram pH baixo (4,5 - 5,4) em cafeeiros sombreados com Ingazeiros e valores considerados adequados (5,5 - 6,0) para cafeeiros sombreados com Grevílea e para cultivados a pleno sol. No entanto, Tanga; Erenso; Lemma (2014) avaliando o efeito das distâncias da copa (1/3, 2/3, borda da copa e área aberta, sem influencia das raízes) de três espécies de árvores (*B. aegyptica*, *A. tortilis*, *A. seyal*) nas propriedades químicas do solo, não observaram efeito dos fatores para o pH.

A redução do pH pode estar relacionada ao maior aporte de resíduos orgânicos, favorecendo a adição de C ao solo na forma de raízes e ácidos orgânicos, oriundos das espécies arbóreas, quanto maior o conteúdo de carbono, maior tenderá ser a acidez do solo (MACHADO et al., 2014). No entanto, nesse trabalho, o teor de MO do solo foi semelhante entre os pontos amostrais (Tabela 4).

Os baixos valores de pH podem ser explicados por elevados teores de alumínio trocável (Al^{3+}), uma vez que, o Al^{3+} ao sofrer hidrólise libera H^+ na solução do solo e contribui para o aumento da acidez (SOUSA et al., 2007). No ponto D1L observou-se teor superior de alumínio trocável (Al^{3+}), independente das profundidades do solo (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização química do solo na profundidade (PROF) de 0-20 cm e 20-40 cm, pH, fósforo (P), matéria orgânica (Mo), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e alumínio trocável (Al^{3+}) em cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

	pH*	P ^{ns}	M.O*	K ^{ns}	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	H+Al ^{ns}	Al*	SB**	CTC ^{ns}	V
	CaCl ₂	mg/dm ³	g/dm ³	-----mmol/dm ³ -----							%
D1L	4,62b	37,25	22,62ab	2,77	18,99	10,79	38,50	4,95a	32,59b	71,09	49,43b
D6L	5,06ab	42,00	22,25ab	2,96	22,56	12,89	28,50	1,28b	38,42b	66,92	58,72ab
D1E	5,41a	22,37	21,12b	2,97	27,29	13,26	26,25	1,01b	43,54ab	69,79	64,38ab
D6E	5,47a	30,87	19,37b	3,00	26,17	12,23	30,12	1,91b	41,41b	71,54	59,48ab
PROF											
cm											
0-20	5,14	34,60	24,55	2,80	29,05	13,03	27,15	1,52	44,89	72,04	63,60
20-40	5,17	27,40	22,10	3,00	25,52	11,68	31,45	2,38	40,22	71,65	54,87
CV%	9,45	48,1	28,70	20,8	28,10	22,45	43,39	10,5	23,66	18,58	26,87

**significativo em nível de 1%, * 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo de acordo com o teste F. As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados de soma de bases no solo e saturação por bases demonstraram que os valores não diferiram entre si estatisticamente (Tabela 4). No entanto, ocorreu uma tendência para o aumento da soma de bases no ponto D1E e de redução da saturação por bases no ponto D1L. O ponto D1E localiza-se na entrelinha da árvore e provavelmente está sob menor influencia da mesma (área das raízes e projeção da copa), fato que sugere menor competição por nutrientes, entre o cafeeiro e a árvore. Já o ponto D1L é o que

está mais próximo da árvore, e provavelmente o ponto que há maior extração de nutrientes pela árvore e maior competição entre as espécies.

Salgado et al. (2006) também observaram menores valores de saturação por base nos sistemas de cafeeiros sombreados com Ingazeiro e Grevílea quando comparado ao cultivo a pleno sol.

Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo, não variaram em função do ponto amostral e das profundidades do solo (Tabela 4).

No entanto, Ebisa (2014) observou valores superiores de condutividade elétrica, P e K em solo cultivado com cafeeiro sombreado em comparação ao solo de cafeeiro a pleno sol. Também, Tanga; Erenso; Lemma (2014) encontraram maiores valores de condutividade elétrica, N, P e K no solo localizado mais próximo da copa das árvores, os autores atribuem o efeito a maior deposição de serrapilheira das árvores nessa localização. Mas, destacam que há diferenças entre as espécies de árvores avaliadas, as que promovem maior deposição de folhas e frutos aumentam os teores de P, K e condutividade elétrica no solo, e para as que promovem menor deposição de folhas e frutos observa-se menor interferência da distância da copa das árvores nos teores de P, K e condutividade elétrica do solo.

Os teores de P no solo encontrados nesse trabalho estão dentro dos níveis considerados médio a alto, os teores de K nível médio e o de Ca e Mg nível alto (Raij et al., 1996), para a cultura do cafeeiro.

2.4. CONCLUSÕES

1) Na linha de plantio do cafeeiro a maior resistência mecânica do solo à penetração é observada no ponto mais próximo a árvore. O solo da linha de tráfego do cafeeiro apresenta menor valor de resistência mecânica à penetração quando comparado a linha de plantio, provavelmente em função da subsolagem.

2) Os menores valores de pH no solo são observados nos pontos localizados nas linhas de plantio das árvores e o maior teor de alumínio no ponto localizado na mesma linha de plantio da árvore a um metro de distância do tronco.

3) A distribuição espacial das árvores não altera a umidade e teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo, que se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro.

4) Na tentativa de elucidar a contribuição das espécies arbóreas para a fertilidade do solo, estudos complementares sobre a contribuição das árvores na ciclagem de nutrientes nesse sistema são necessários.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: Doran, J. W.; Jones, A. J. Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, SSAA Special Publication, 49. p.123 - 141, 1996.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, USP/ESALQ. 1997, 132 p.

CAMPANHA, M. M. et al. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CAMPANHA, M. M. et al. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 63, p. 75–82, 2004.

CHAGAS, K. et al. Efeito de sistemas consorciados de produção de Café Conilon (*Coffea canephora* cv. *kouillou*) sobre resistência do solo a Penetração. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 32, Fortaleza, CE. In. Embrapa. Fortaleza, CE, 2012.

COELHO, R. A. et al. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.

DRESCHER, M. S. et al. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.2, p.159-168, fev. 2016.

EBISA, L. Effect of dominant shade trees on coffee production in Manasibu district, west Oromia, Ethiopia. **Science, Technology and Arts Research Journal**, v. 3, n.3, p. 18-22, july-sep 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 370p., 1999.

FERNANDES, A. L. T; SANTINATO, F.; SANTINATO, R. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para a produção de café cultivado no Cerrado Mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1648-1656, 2012.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 639-645, 2010.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p., 1948.

LIMA, H. V. et al. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 677-684, 2005.

MACHADO, L. V. et al. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014.

MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

OLIVEIRA, C. R.M. et al. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 197-206, 2006.

PALMA, M. A. Z. et al. Resistência do solo à penetração em cafezais cultivados com sistema mecanizado e manual. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 364-370, jul./set. 2013.

PEQUENO, P. L. L. et al. Avaliação da densidade do solo em áreas com cafeeiro robusta arborizado em Rondônia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia**. Resumo expandido em anais de congresso. Minas Gerais: Embrapa Rondônia; SBCS, 2011. v. , p. .

RAIJ, B. van. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim 100)

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: **Tópicos Ci. Solo**, v.5, p.49-134, 2007.

RICCI, M. S. F.; CONCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica L*) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT versão 7. 6 beta (2012)**. Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>.

SOUSA, D. M. G. et al. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F. et al (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-274, 2007.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar/Stolf. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 3, p. 18-23, 1983.

SOIL SURVEY STAFF, Soil **Survey Manual**. **Soil Conservation Service**. U.S. Department of Agriculture Handbook 18, Washington, DC. 1993.

TANGA, A. A.; ERENDO, T. F.; LEMMA, B. Effects of three tree species on microclimate and soil amelioration in the central rift valley of Ethiopia. **Journal of soil science and Environmental Management**, v. 5, n.5, p. 62-71, August, 2014.

CAPÍTULO 2 – EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁRVORES NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE CAFEEIROS SOMBREADO

RESUMO

A cafeicultura brasileira tem passado por diversas modificações, em busca de sistemas de cultivo mais sustentáveis, do ponto de vista produtivo e econômico, mas principalmente, voltado ao uso e conservação de recursos naturais. E entre esses sistemas destaca-se o cultivo de cafeeiro arborizado. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores no crescimento vegetativo e produção do cafeeiro sombreado. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições: 1) D1L - cafeeiros localizados na linha de plantio das árvores a um metro de distância do tronco da árvore; 2) D6L - cafeeiros localizados na linha de plantio das árvores a seis metros de distância do tronco da árvore; 3) D1E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelos ao ponto D1L; e 4) D6E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelos ao ponto D6L. Foi avaliado o efeito da distribuição espacial das árvores na produção e em características agronômicas do cafeeiro (altura, diâmetro e comprimento do ramo plagiotrópico), em sistema sombreado. Não houve efeito da distribuição espacial das árvores sobre as características agronômicas ou na produção do cafeeiro no sistema avaliado.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., crescimento vegetativo, produtividade

EFFECT OF SPATIAL DISTRIBUTION OF TREES IN AGRONOMIC CHARACTERISTIC OF COFFEE SHADED

ABSTRACT

The Brazilian coffee production has gone through several modifications, in search of more sustainable farming systems, the productive and economic point of view, but mostly, focused on the use and conservation of natural resources. And between these systems is the cultivation of coffee trees. The aim with this work evaluate the effect of the spatial distribution of trees in vegetative growth and production of the coffee tree shading. The experimental design used was randomized blocks with four treatments and six replications: 1) D1L - coffee trees located in the planting of trees line the one meter away from the trunk of the tree; 2) D6L - coffee trees located in the planting of trees line the six meters away from the trunk of the tree; 3) D1E - coffee trees located between the lines of trees, parallel to D1L point; and 4) D6E - coffee trees located between the lines of trees, parallel to D6L point. Was evaluated the effect of the spatial distribution of trees in production and agronomic characteristics of the coffee tree (height, diameter and length of the branch plagiotrópico), in shade system. There was no effect of spatial distribution of trees on the agronomic characteristics or in coffee production in the system evaluated.

Keywords: *Coffea arabica* L., vegetative growth, productivity

3.1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a cafeicultura brasileira tem passado por diversas modificações, em busca de sistemas de cultivos mais sustentáveis (PETEK et al., 2006), do ponto de vista produtivo e econômico, mas principalmente, voltado ao uso e conservação de recursos naturais.

Essas mudanças devem-se, em parte, à crescente demanda mundial por cafés especiais. O conceito de cafés especiais está atrelado a atributos específicos como, por exemplo qualidade superior da bebida, história, origem do plantio, variedades raras, entre outros. Podem incluir ainda, atributos que se relacionam à sustentabilidade econômica, social e, ou, ambiental (PEREIRA et al., 2004). Para a cafeicultura de exploração familiar a produção e certificação de cafés especiais possibilitam atender a características exigidas por nichos de mercado e segmentos restritos de consumidores que se dispõem a pagar prêmio por qualidade (TEIXEIRA; MILAGRES, 2009).

Dentre os diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, a arborização com cautela tem se destacado entre os pequenos cafeicultores familiares. A arborização com espécies e espaçamentos adequados pode apresentar resultados satisfatórios quanto à produção e qualidade de bebida, quando comparado ao cultivo do cafeeiro a pleno sol (BEER; MUSCHLER; SOMARRIBA, 1998; MATSUMOTO et al., 2000).

Em período de estiagem prolongada, por exemplo, observa-se melhor desempenho de cafeeiros sombreados comparados àqueles a pleno sol, em função da redução da evapotranspiração das plantas (BEER; MUSCHLER; SOMARRIBA, 1998; MATSUMOTO et al., 2000), da temperatura (JARAMILLO-ROBLEDO; GÓMEZ-GÓMEZ, 1989) e da manutenção da umidade do solo (CARAMORI; ANDROCIOLO FILHO; BAGGIO, 1995). A arborização reduz a amplitude térmica do ar no interior da lavoura e amortiza a velocidade dos ventos, fatores que quando não controlados podem afetar negativamente o desenvolvimento dos cafeeiros (BATISTELA SOBRINHO et al., 1987; BEER et al., 1998; FREITAS et al., 2000). Além disso, a arborização reduz a bienalidade

de produção, a incidência de seca dos ponteiros e pode melhorar a qualidade do café (RICCI; COSTA; OLIVEIRA, 2011).

Outras vantagens a serem consideradas, são a geração de serviços ambientais, particularmente o aumento da biodiversidade regional e a melhora das condições socioeconômicas dos agricultores, em função da produção de cafés especiais, que podem alcançar preços diferenciados no mercado (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2007).

Os efeitos da arborização no cafeeiro variam em função das espécies arbóreas utilizadas, da distribuição e densidade de árvores na lavoura, da altitude e fertilidade do solo (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006; RICCI et al., 2013).

Carelli; Fahl (2001), estudando o efeito do sombreamento de 30, 50 e 100% de luz solar em processos fisiológicos envolvidos na produção, avaliaram o crescimento (área foliar e altura). Pelos resultados, constatou-se que 150 dias após o início do experimento, as cultivares estudadas responderam diferentemente a níveis distintos luz. Em geral sombreamento acima de 70% reduziu o desenvolvimento das cultivares de *C. arabica*, mas não alterou o de *C. canephora*, em relação ao cultivo a pleno sol.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da distribuição espacial das árvores no crescimento vegetativo e produção do cafeeiro sombreado.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido, na Fazenda Retiro Santo Antônio, localizada no município de Santo Antônio do Jardim, estado de São Paulo (22°06'S e 46°40' W, 850 m de altitude), figura 1.

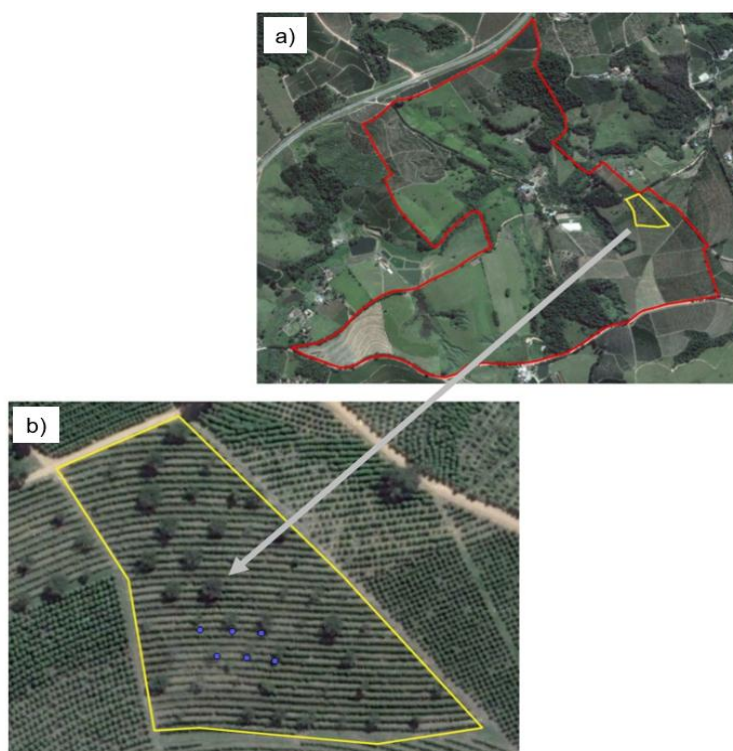


Figura 1. Demarcação em vermelho representa o total da área da Fazenda Retiro Santo Antônio (a). Em amarelo representação do total de área com cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas (b).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais. Os dados climáticos da área durante os meses da avaliação do experimento estão sumarizados na figura 2.

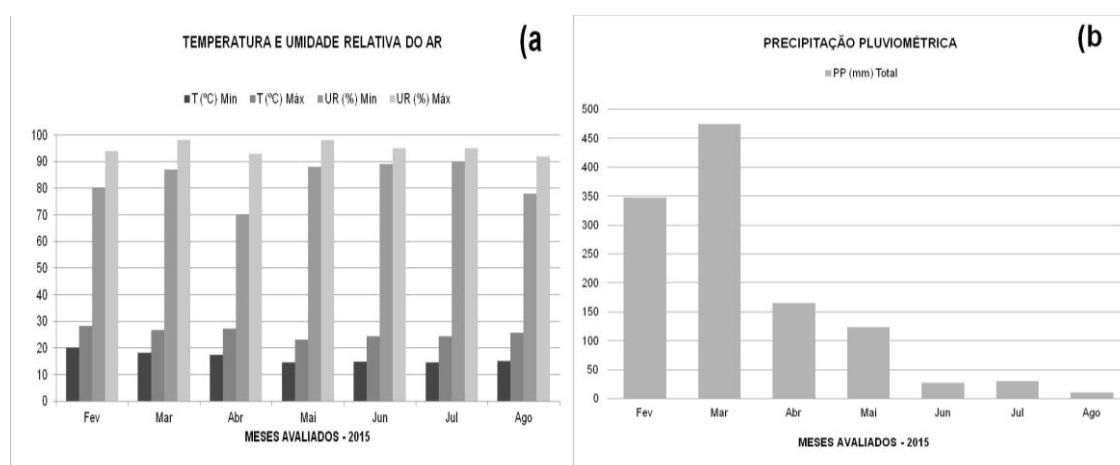


Figura 2. Temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar mínima e máxima (a). Precipitação pluviométrica total (b) nos meses de condução do experimento. Fazenda Retiro Santo Antônio, SP, 2015.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho - Amarelo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo na profundidade (Prof) de 0-20 cm e 20-40 cm, em cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

	pH	P	M.O	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
Prof.	CaCl ₂	mg/dm ³	g/dm ³	-----mmol _c /dm ³ -----							%
cm											
0-20	5,12	36,13	23,96	2,96	29,80	13,16	27,54	1,54	45,94	73,48	63,60
20-40	5,20	30,00	21,92	3,06	24,94	11,28	34,63	2,48	39,29	73,89	54,88

A lavoura cafeeira avaliada, cultivar Obatã, foi implantada no ano de 2007, no espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,80 m entre plantas (3.571 plantas ha⁻¹), cultivada em consórcio com três espécies arbóreas da família Fabaceae: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (Angico do cerrado); *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record (Angico branco) e *Cassia grandis* Linnaeus f (Cassia rosa), implantadas no ano de 2009, com espaçamento de 14 m entre as linhas e 16 m entre as árvores, na linha de plantio (44 plantas ha⁻¹), distribuídas na área conforme mostra a figura 3.

A adubação do cafeeiro foi realizada com análise química do solo seguindo as recomendações de Raij et al. (1996). Aplicação de uréia protegida, três vezes ao ano, na dose de 50 g por planta, e as últimas aplicações foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2014 e fevereiro de 2015; cloreto de potássio aplicado duas vezes ao ano na dose de 10 g por planta, sendo a última aplicação realizada em fevereiro de 2015; cama de frango e palha de café aplicadas uma vez ao ano, na dose de 1 kg por planta e a última aplicação foi realizada em outubro de 2014. Não foram realizadas adubações com fósforo e boro no ano desse experimento.

A aplicação de produtos fitossanitários foi realizada em média a cada três meses, utilizando: inseticida biológico preparado com conídios de fungo *Beauveria bassiana*, óleo vegetal trilinoelina, melão, hidróxido de cobre,

herbicida - glifosato, fungicida tiofanato-metílico, herbicida carfentrazona etílica e mistura de hidrocarbonetos parafínicos.

3.2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições: 1) D1L - cafeeiros localizados na linha de plantio das árvores a um metro de distância do tronco da árvore; 2) D6L - cafeeiros localizados na linha de plantio das árvores a seis metros de distância do tronco da árvore; 3) D1E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelo ao ponto D1L; e 4) D6E - cafeeiros localizados nas entrelinhas das árvores, paralelo ao ponto D6L.

As parcelas experimentais foram formadas por três plantas de cafeeiro (2,40 m x 3,5 m). Os dados foram coletados no mês de junho de 2015. Na figura 3 está representada a área experimental e a distribuição espacial dos pontos de amostragem no cafeeiro sombreado.

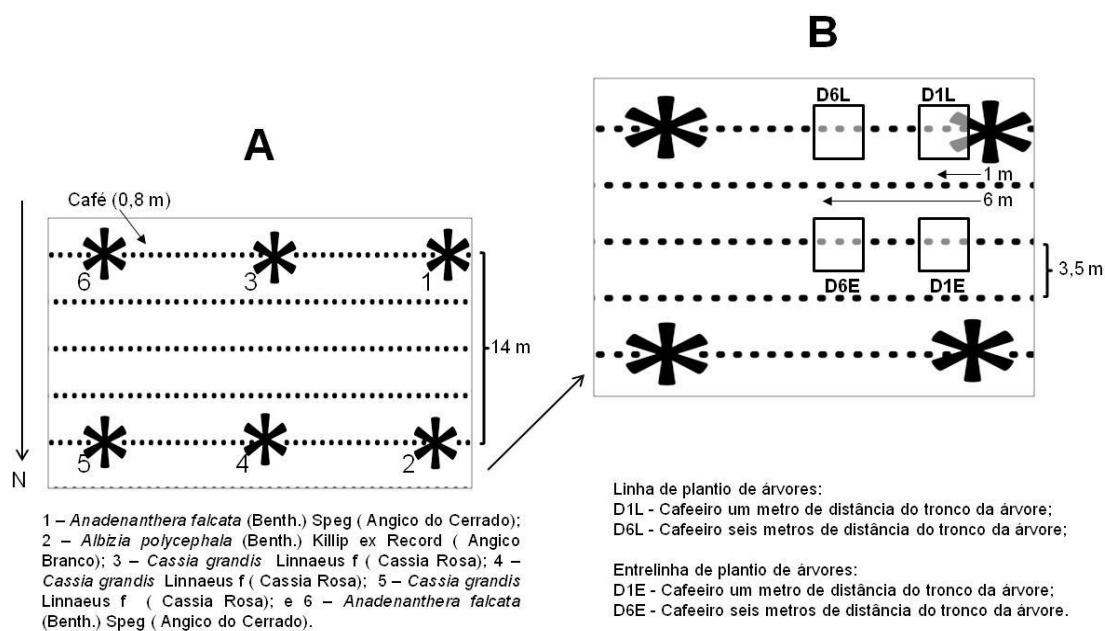


Figura 3. Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhamento dos pontos amostrais (B). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

3.2.3. Avaliações:

Parâmetros de crescimento: altura de planta, diâmetro de copa e comprimento do ramo plagiotrópico

A altura das plantas foi determinada fazendo-se uso de trena colocada paralelamente ao ramo ortotrópico do cafeeiro, medindo-se desde a inserção do ramo ortotrópico no solo até a gema apical, os dados foram expressos em m. O diâmetro da copa foi determinado com trena, colocada transversalmente ao ramo ortotrópico em relação à entrelinha do cafeeiro, medindo-se a maior distância entre o primeiro par de folhas presentes nos ramos plagiotrópicos opostos, os dados foram expressos em m. O comprimento do ramo foi determinado medindo-se o comprimento do ramo plagiotrópico com uma régua, utilizando-se a média do comprimento de dez ramos por planta, escolhidos aleatoriamente e os dados foram expressos em cm.

Produção do cafeeiro

Os frutos foram colhidos manualmente por parcela quando as plantas apresentaram mais de 50% de frutos cereja, sendo estes posteriormente submetidos à lavagem para retirada das impurezas e separação dos frutos em cereja (CE), verde (VE) e bóia (BO).

A separação em frutos verde, cereja e bóia (Figura 4) é realizada de acordo ao grau de maturação dos frutos e utilizada para a classificação do tipo de bebida.

Fruto de cafeeiro ou Café fruto: Determinou-se o volume (utilizando uma proveta graduada em 2000 mL) e massa total (Kg) de frutos por parcela (média de três plantas), bem como o volume e a massa após a separação em cereja, verde e bóia. Em seguida, os frutos foram colocados separadamente em embalagem redinha (Figura 4) e submetidos à secagem natural em terreiro de cimento até atingirem 12 a 13% de umidade (café coco).



Figura 4. Secagem de frutos de cafeeiro em embalagem redinha, após separação em cereja, verde e bóia. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Grãos de cafeeiro e/ou fruto de cafeeiro descascado: Após secagem cada amostra de fruto de cafeeiro, foram descascadas no descascador de café (Carmomaq – Tecnologia e Inovação para a Indústria de Café - Tipo: DRC 1, N°: 9498, ano: 2012), obtendo-se assim o grão de cafeeiro, sendo pesadas novamente em balança semi-analítica para a determinação da massa. No mesmo momento determinou-se a umidade dos grãos utilizando o Medidor de Umidade de grãos de Bancada (Analisador de umidade e impurezas G650 – Gehaka Agri).

Porcentagem de café nos estádios verde, cereja, e bóia em função da massa fresca e seca.

Para transformação da massa de café fruto (fruto de cafeeiro) e grão de cafeeiro (fruto descascado), em porcentagem (%), utilizou-se:

$$\% = (\text{massa parcial} \cdot 100) / \text{massa total}$$

, sendo: % = valor da massa em porcentagem; massa parcial = peso da massa separada de cereja, verde ou bóia; massa total = somatória do peso das massas de cereja, verde e bóia.

3.2.4. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de significância. Utilizou-se o Assistat (7.6 beta versão 2012) (SILVA, 2012).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Características agronômicas do cafeeiro

Para as variáveis: altura de plantas, diâmetro de copa e comprimento dos ramos plagiotrópicos não houve efeito das distâncias das árvores de acordo com o teste F a 5 % de significância (Tabela 2).

Pezzopane et al. (2007) avaliando o efeito da variabilidade espacial da bananeira em consórcio com o cafeeiro, também não observaram diferença na altura do cafeeiro entre os pontos amostrais (mais próximos e mais distantes da bananeira). No entanto, as plantas de café localizadas mais próximas da bananeira apresentaram maior diâmetro de copa. Ricci et al. (2011) observaram maior altura de planta e diâmetro de copa no cultivo sombreado em comparação ao a pleno sol. A maior altura e diâmetro da copa representam os esforços mecânicos da planta para compensar a menor luminosidade na condição de sombreamento, com intenção de permitir uma maior captação da energia solar. Por isso, cafeeiros em condições de sombreamento têm plantas mais altas, com folhas maiores e mais finas (FAHL et al., 1994).

Ricci et al. (2006) observaram redução do diâmetro médio de cafeeiros em função do sombreamento. Porém, não foram observadas diferenças entre cultivares, em sistemas de cultivo a pleno sol e sombreado. A redução do diâmetro médio das cultivares, quando sombreadas, foi acompanhada também pela redução do número médio de ramos produtivos e do número de nós por ramo; nas cultivares Catucaí, Obatã e Catuaí vermelho.

Nesse trabalho, a intensidade luminosa no sistema em função da distribuição espacial das árvores, não alterou a altura, o diâmetro e o comprimento dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros. Ricci et al. (2013) relatam que em sistemas de cultivo, nos quais o nível de sombreamento com pequena variação, como por exemplo no sistema de café com eritrina (entre 2% no inverno e 6% no verão), alterações morfológicas externas como altura das plantas, distância e número de rosetas não são observadas no cafeeiro.

Tabela 2. Altura de planta (m), diâmetro de copa (m) e comprimento do ramo plagiotrópico (cm), de cafeeiro em função da distribuição espacial de árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Tratamentos			
	Altura de Planta --m--	Diâmetro de Copa --m--	Comprimento do Ramo --cm--
D1L	1,49 ^{ns}	1,45 ^{ns}	19,56 ^{ns}
D6L	1,46	1,43	17,12
D1E	1,70	1,50	19,36
D6E	1,57	1,41	18,11
CV%	14,85	9,51	8,58

^{ns} não significativo de acordo com o teste F em nível de 5% de significância. D1L= mesma linha de plantio da árvore, distante um metro do tronco; D6L = mesma linha de plantio da árvore, distante seis metros do tronco; D1E = entrelinha da árvore paralelo ao ponto D1L; D6E= entrelinha da árvore, paralelo ao ponto D6L.

3.3.2. Produção do cafeeiro

A produção total e a produção parcial de frutos, nos estádios cereja, verde e bóia em volume e massa não foram influenciadas pela distância das árvores (Tabela 3). Também não houve diferença entre os tratamentos para a produção em grãos secos, no valor total e parcial nos estádios cereja, verde e bóia (Tabela 4).

Tabela 3. Produção em frutos do cafeeiro, valor total (VE+CE+BO) e parcial (CE, VE e BO), após colheita, lavagem e separação em verde (VE), cereja CE) e bóia (BO), em função da distribuição espacial de árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Frutos de Cafeeiro				
Tratamentos	CE	VE	BO	TOTAL (CE+VE+BO)
		-----Kg planta ⁻¹ -----		
D1L	1,262 ^{ns}	0,489 ^{ns}	1,009 ^{ns}	2,760 ^{ns}
D6L	1,267	0,676	1,072	3,015
D1E	1,260	0,744	0,680	2,684
D6E	1,680	0,845	0,866	3,391
CV%	37,04	46,07	38,79	34,18
Volume por planta				
Tratamentos	CE	VE	BO	TOTAL (CE+VE+BO)
		-----L planta ⁻¹ -----		
D1L	1,983 ^{ns}	0,850 ^{ns}	1,900 ^{ns}	4,733 ^{ns}
D6L	2,044	1,178	1,967	5,189
D1E	2,039	1,244	1,183	4,467
D6E	2,811	1,400	1,356	5,567
CV%	35,95	41,80	47,96	35,42

^{ns} não significativo de acordo com o teste F em nível de 5% de significância.

Tabela 4. Produção em grãos secos de cafeeiro, valor total (VE+CE+BO) e valor parcial (CE, VE e BO), em função da distribuição espacial de árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Grãos de Cafeeiro				
Tratamentos	CE	VE	BO	TOTAL (CE+VE+BO)
		-----Kg planta ⁻¹ -----		
D1L	0,232 ^{ns}	0,084 ^{ns}	0,358 ^{ns}	0,674 ^{ns}
D6L	0,217	0,122	0,355	0,694
D1E	0,228	0,125	0,236	0,589
D6E	0,288	0,150	0,253	0,691
CV%	44,67	43,61	37,97	33,53
Sacos/ha				
Tratamentos	CE	VE	BO	TOTAL (CE+VE+BO)
		-----Sacos/ha-----		
D1L	13,79 ^{ns}	5,00 ^{ns}	21,30 ^{ns}	40,10 ^{ns}
D6L	12,91	7,28	21,10	41,30
D1E	13,54	7,42	14,02	35,00
D6E	17,16	8,94	14,45	40,60
CV%	44,68	43,68	37,89	33,50
Kg/ha				
Tratamentos	CE	VE	BO	TOTAL (CE+VE+BO)
		-----Kg/ha-----		
D1L	827,28 ^{ns}	299,96 ^{ns}	1277,82 ^{ns}	2405,07 ^{ns}
D6L	774,74	436,85	1265,92	2477,68
D1E	812,40	445,18	840,97	2098,56
D6E	1029,64	536,25	867,16	2433,04
CV%	44,68	43,68	37,89	33,50

^{ns} não significativo de acordo com o teste F em nível de 5% de significância.

Esses resultados contrariam o observado por Pezzopane et al. (2007) que identificaram redução na produção de café nas plantas localizadas mais próximas de bananeiras. A produção de café por hectare nesse trabalho foi

superior à média nacional para 2016 de 25,58 sacas por hectare (MAPA, 2016). Ressalta-se que em áreas tecnificadas de café sombreado pesquisas realizadas no Brasil indicaram elevadas produções, como a produção de 8460 Kg ha⁻¹ de café beneficiado, em cafeeiros adensados consorciados com Mogno (*Swietenia macrophylla* King.), no Distrito Federal. Por outro lado, cafeeiros sob mata nativa apresentam produção extremamente baixa, 257 Kg ha⁻¹ em Minas Gerais (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006).

Provavelmente o tamanho amostral reduzido (três plantas) por parcela, elevou o coeficiente de variação desse trabalho, e não foram observadas diferenças estatísticas para a produção de frutos e de grãos secos e descascados de café em função da distância das árvores.

No entanto, observou-se uma tendência de maior porcentagem de grãos cereja e menor de grãos verde e bóia nos cafeeiros localizados na entrelinha das árvores (Figura 5).

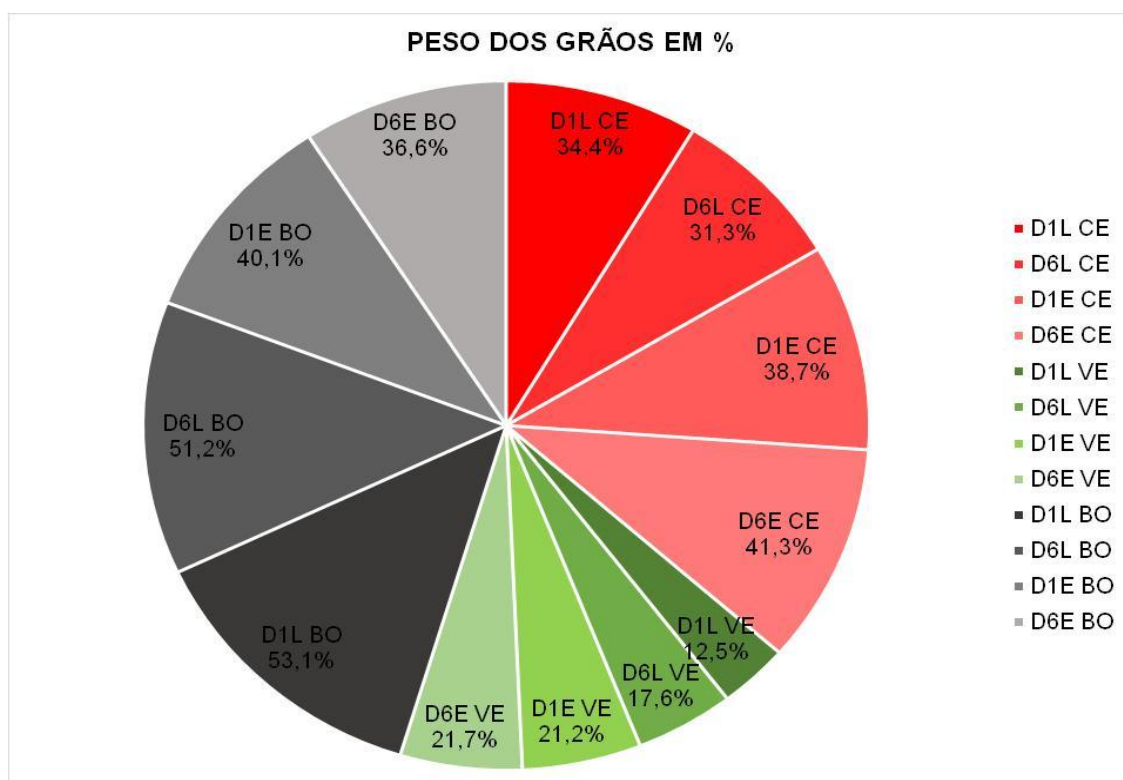


Figura 5. Porcentagem da massa de grãos verde, cereja e bóia, secos e descascados, de cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Esse resultado contraria a hipótese esperada, que os cafeeiros localizados mais próximos das árvores, seriam submetidos a maior intensidade de sombra o que aumentaria o período dos frutos no estágio cereja. De acordo com Ricci et al. (2006) e Pezzopanne et al. (2007) cafeeiros em condições de sombreamento retarda a maturação dos grãos. No entanto, Ricci et al. (2013) também não observaram alteração na fenologia do cafeeiro no cultivo sombreado quando comparado ao a pleno sol. Porém ressalta-se que a maturação dos grãos é influenciada pelas condições climáticas (PEZZOPANNE et al., 2003).

3. 4. CONCLUSÃO

1) Não houve efeito da distribuição espacial das árvores sobre as características agronômicas ou na produção do cafeeiro no sistema avaliado.

3. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTELA SOBRINHO, I.; MATIELLO, J. B.; MIGUEL, J. B. **Comportamento de cafeeiros Conilon, Mundo Novo, e Catuaí, plantados em mata natural e a pleno sol em Sinop-MT.** In: 14º Congresso brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Campinas, SP. p. 185-187, 1987.

BEER, J.; MUSCHLER, D. K; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139-164, 1998.

CARAMORI, P. H.; ANDROCILO FILHO, A.; BAGGIO, A. J. Arborização do cafezal com *Grevillea robusta* no norte do estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia.**, v.38, p.1031-1037, 1995.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I. **Efeitos do sombreamento em produtividade e crescimento.** In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Set, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FREITAS, R. B.; OLIVEIRA, L. E.; SOARES, A. M.; DELÚ FILHO, N.; ALVES, J. D.; GUERRA NETO, E. G.; GONTIJO, O. T. **Avaliações ecofisiológicas do consórcio de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) na região de Patrocínio - MG.** In: I Simpósio de

Pesquisa dos Cafés do Brasil. Poços de caldas-MG. Resumos expandidos, Ed. Embrapa. p. 971-974, 2000.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agrícola**, v. 67, p. 639-645, 2010.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; GÓMEZ-GÓMEZ, L. Microclima en cafetales a libre exposicion solar y bajo sombrio. **Cenicafé**, v.40, p.65-79, 1989.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.1948.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Informe Estatístico do Café – setembro de 2016**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 17 out. 2016.

MATSUMOTO, S. N.; FARIA, G. O.; VIANA, A. E.; PINTO, P. R. **Efeitos do sombreamento de grevileas em cafezais no sudoeste da Bahia, Brasil**. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Poços de caldas-MG. Resumos expandidos, Ed. Embrapa. p. 1010-1014, 2000.

PEREIRA, S. P. et al. **Cafés especiais: iniciativas brasileiras e tendências de consumo**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2004. 80p. (EPAMIG. Série Documentos, 41).

PETEK, M. R.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, 65:65- 73, 2006.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. de. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n.3, p. 499-505, 2003
PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007

RAIJ, B.van. et al. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim 100).

RICCI, M. D. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.

RICCI, M. D. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. D. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 569-575, 2006.

RICCI, M. S. F.; CONCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT versão 7. 6 beta (2012)**. Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>.

TEIXEIRA, C. G. Z.; MILAGRES, T. S. Economicidade e certificação da cafeicultura familiar na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 39, núm. 4, 2009, pp. 317-329

4. CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos químicos e físicos do solo e na produção do cafeeiro sombreado.

O efeito da distribuição espacial das árvores sobre os atributos químicos do solo mostrou que o menor valor de pH e o maior teor de alumínio no solo foi encontrado na linha de plantio das árvores no ponto D1L. A distribuição espacial das árvores não alterou a umidade e os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro. Porém, para elucidar a contribuição das espécies arbóreas para a fertilidade do solo, estudos complementares sobre a contribuição das árvores na ciclagem de nutrientes nesse sistema são necessários.

Quanto aos atributos físicos do solo as maiores resistências mecânicas do solo à penetração foram observadas no ponto D1L e D1E. Conclui-se que as árvores avaliadas elevam à resistência do solo a penetração e provavelmente exercem maior competição por nutrientes com o cafeeiro, aumentando o pH e os teores de Al do solo, quando localizadas no ponto D1L, possivelmente, em função da distribuição e concentração das raízes das mesmas. Contudo, a distribuição das árvores não influencia a umidade e os teores de matéria orgânica, P, K e Ca do solo.

Avaliando-se o efeito da distribuição espacial das árvores na produção e em características agronômicas do cafeeiro (altura, diâmetro e comprimento do ramo plagiotrópico), em sistema sombreado. Não houve efeito da distribuição espacial das árvores sobre as características agronômicas ou na produção do cafeeiro no sistema avaliado.

No entanto, destaca-se que a produção de grãos bem como a maturação dos frutos é influenciada pelas condições climáticas, nesse sentido

para melhor entender a contribuição das árvores na produção dos grãos de café é necessário realizar as avaliações em mais de uma safra, ano agrícola.