

2013-12-05

# Influência do manejo nas entre linhas do cafeeiro na produtividade e nos atributos físicos e químicos do solo

Maia, Guilherme Martins

Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

MAIA, Guilherme Martins. Influência do manejo nas entre linhas do cafeeiro na produtividade e nos atributos físicos e químicos do solo. Orientadora: Ana Maria Conte. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2013.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/264>

*Baixado de Repositório Institucional UENP*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS LUIZ MENEGHEL - BANDEIRANTES**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**GUILHERME MARTINS MAIA**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS DO CAFEIEIRO NA  
PRODUTIVIDADE E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO  
SOLO**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL**  
**2013**

**GUILHERME MARTINS MAIA**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS DO CAFEIEIRO NA  
PRODUTIVIDADE E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO  
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia, da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz  
Meneghel - Bandeirantes.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Conte

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2013

**Catlogação na publicação elaborada pela Biblioteca da Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel**

Maia, Guilherme Martins.  
M217i Influência do manejo nas entre linhas do cafeeiro na produtividade e nos atributos físicos e químicos do solo / Guilherme Martins Maia. – Bandeirantes, PR, 2013.  
xi, 95f. ; 30 cm

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Conte.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Programa de Mestrado em Agronomia, 2013.

1. Adubação verde - Dissertação. 2. Ciclagem de nutrientes - Dissertação. 3. *Coffea arábica* L. 4. Consórcio de culturas. 5. Resíduos orgânicos. I. Conte, Ana Maria. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel. Programa de Mestrado em Agronomia. III. Título.

CDD 631.874

GUILHERME MARTINS MAIA

**INFLUÊNCIA DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS DO CAFEIRO NA  
PRODUTIVIDADE E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO  
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia, da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz  
Meneghel - Bandeirantes.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Conte

Aprovada em: 05/12/2013

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof <sup>a</sup> . Dr <sup>a</sup> . Ana Maria Conte (titular)	UENP
Prof. Dr. Luis Guilherme Sachs (titular)	UENP
Prof. Dr. Claudinei Paulo de Lima (titular)	FEMM-FIO
Prof <sup>a</sup> . Dr <sup>a</sup> . Maria Helena Moraes	FCA-UNESP
Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando	UENP

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Conte  
Orientadora  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
*Campus* Luiz Meneghel - Bandeirantes

## *DEDICATÓRIA*

*Aos meus familiares,*

*Meus pais Rosana e Ângelo,*

*Ao meu irmão Gabriel,*

*Meus tios e tias,*

*Meus avôs e avós,*

*Meus primos e primas,*

*Que tiveram paciência comigo nas horas difíceis,*

*Que me aconselharam,*

*Deram força,*

*Amor,*

*E me apoiaram incondicionalmente...*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e pelo amor. À minha família, por todo amor, e compreensão.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Conte, pela constante orientação neste trabalho, pelo apoio, paciência, compreensão e valiosos conselhos. Hoje posso dizer que tenho mais uma grande amiga na minha vida.

Aos professores da UENP - *campus* Luiz Meneghel - Bandeirantes, responsáveis por minha formação profissional e ética; tanto na graduação como na pós-graduação. Seus ensinamentos valeram muito para que eu pudesse chegar a esse momento.

Ao Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, pelos ensinamentos transmitidos, sugestões e contribuições para discussão deste trabalho.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, sugestões e contribuições.

Aos técnicos do laboratório de solos Gilberto Bueno Demétrio e Esmeralda Soares Garcia. À secretária da pós-graduação Sônia Regina Torres Fronteli.

Aos meus amigos de trabalho da Etec Prof. Luiz Pires Barbosa, de Cândido Mota. Ao meu pai Ângelo Antônio Maia por deixar fazer o experimento em sua propriedade. Ao Cido por ter me ajudado no árduo trabalho de coletas de amostras e condução do experimento.

Aos colegas da Pós-graduação: Giovana, Rafael “Zappa”, Daniel, Giancarlo, Murilo, Luana, Andréia, Roberto, Flaviane, Bruna, Clóvis, Leandro, Marcela. Aos amigos do laboratório de solos e aos demais não mencionados. Obrigado pela ajuda e amizade.

Aos meus amigos: Alemão, Xulipa, Bé, Mateus, Xandão, e muitos outros que gastaria mais de 50 páginas para escrever, pela amizade, compreensão, incentivo e companheirismo. A todos os amigos, que fiz ao longo de minha vida que me ajudaram e me apoiaram de alguma forma.

Em especial ao Edval e ao Zé Campana, pela nossa amizade desde a infância.

Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para a realização do meu trabalho.

**MUITO OBRIGADO!!**

Maia, Guilherme Martins. **INFLUÊNCIA DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS DO CAFEIEIRO NA PRODUTIVIDADE E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO**. 2013. 104p. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2013.

## RESUMO

O uso de espécies vegetais e/ou cobertura morta nas entre linhas da cultura do café vêm sendo utilizado, visando cobertura vegetal do solo, adubação e adição de matéria orgânica, supressão às plantas invasoras, melhoria nos atributos do solo e aumento da produtividade do cafeeiro. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade do cafeeiro e os atributos físicos e químicos do solo em função dos manejos nas entre linhas desta cultura. O estudo foi realizado na Fazenda Santa Rosa em Latossolo Vermelho eutrófico, no município de Cândido Mota/SP, utilizando a cultura do café, cv. IAPAR 59, implantado no ano de 2007. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café: T1 (testemunha com capina), T2 (testemunha sem capina), T3 (torta de filtro), T4 (feijão), T5 (mucuna-anã) T6 (milho) e T7 (milheto), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 m de comprimento por 14 m de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas das extremidades de cada parcela, perfazendo uma população de 12 plantas. O solo foi amostrado nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, no início e final do experimento. Foram determinados no cafeeiro os teores foliares de macro e micronutrientes e a produtividade. No solo foram determinadas: a densidade, porosidade, resistência do solo à penetração, classe de diâmetro de agregados, análise de rotina e micronutrientes e para as culturas intercalares: a produtividade do milho e feijão e a produção de massa fresca e seca da mucuna-anã e milheto. Os dados foram comparados pela análise de variância, em nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SASM-Agri. Os resultados permitiram concluir que: os teores de N foliares foram maiores quando nas entre linhas do cafeeiro foram manejados com plantas leguminosas e os maiores teores de S e B foliares foram encontrados no tratamento com uso de torta de filtro e os menores teores nutricionais foliares foram obtidos com o manejo das entre linhas com milho e milheto. No solo, o uso de torta de filtro e mucuna-anã aumentaram M.O., Ca, P e o cultivo de milho e milheto proporcionaram aumentos de Zn e B. As melhorias nos atributos físicos do solo estão associadas às maiores produtividades do cafeeiro quando em suas entre linhas foi utilizado mucuna-anã, torta de filtro e testemunha sem capina. A produtividade do cafeeiro foi maior quando manejado com mucuna-anã, seguido por torta de filtro e testemunha sem capina nas suas entre linhas.

**Palavras-chave:** Adubação Verde. Ciclagem de Nutrientes. *Coffea arabica* L. Consórcio de Culturas. Resíduos Orgânicos.

Maia, Guilherme Martins. **INFLUENCE OF MANAGEMENT IN BETWEEN ROWS OF COFFEE TREE IN PRODUCTIVITY AND THE ATTRIBUTES PHYSICAL AND CHEMICAL OF SOIL**. 2013. 104p. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2013.

## ABSTRACT

The use of plant and/or mulch between rows of coffee culture has been used in order to plant cover of the soil, fertilizing and adding organic matter to weed suppression, improvement in of soil attributes and increased productivity in coffee trees. The objective of this study was to evaluate the productivity of coffee tree and the attributes physical and chemical of soil depending on the managements between rows of this culture. The study was conducted in the Santa Rosa farm, in eutroferric Red Latosol, in the city of Cândido Mota/SP, using the coffee culture cultivar IAPAR 59, deployed in 2007. The experimental design was a randomized block design with 7 treatments applied between rows of coffee: T1 (control treatments plus weeding), T2 (control without weeding), T3 (filter pie), T4 (beans), T5 (dwarf mucuna) T6 (corn) and T7 (pearl millet), with 4 replicates. The plots consisted of 4 between rows coffee, 8 m long by 14 m wide, resulting in a total area of 112 m<sup>2</sup>, being considered the useful area between rows the two central lines, discounting between rows one line in each side, and excluding the two the ends of the plants in each plot, resulting in a population of 12 plants. Soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm, initially, and at the end of the experiment. Were determined in coffee foliar concentrations of macro and micronutrients and productivity. In the soil were determined: the density, porosity, resistance to soil penetration, diameter class aggregates, routine analysis and micronitrientes and for intercropping: the productivity of corn and beans and production of fresh and dry mass of the dwarf mucuna and pearl millet. Data were compared by analysis of variance at 5% level of probability, using the software SASM-Agri. The results showed that: the levels of foliar N were higher when between rows of coffee plants were grazed at with leguminous plants and the highest levels of foliar S and B were found in the treatment with the use of filter pie and the lowest levels of foliar nutrition were obtained with the management of between rows with corn and pearl millet. In soil, the use of filter cake and mucuna dwarf have increased M.O., Ca, P and cultivation of corn and pearl millet favored an increase of Zn and B. The improvements in soil physical attributes are associated with higher productivity of coffee plant when its between rows were used dwarf mucuna, filter pie and control without weeding. The productivity in coffee trees was higher when handled with dwarf mucuna, followed by filter pie and control without weeding in between its rows.

**Key-words:** Green Manure. Nutrient Cycling. *Coffea arabica* L. Intercropping. Organic Residues.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Culturas Intercalares.....	4
2.2 Adubos Verdes.....	6
2.3 Adubação Orgânica.....	9
2.4 Atributos Físicos do Solo.....	12
2.5 Atributos Químicos do Solo.....	14
2.6 Produtividade do Cafeeiro Consorciado.....	17
<b>3 ARTIGO A: PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS</b> .....	20
3.1 Resumo e Abstract.....	20
3.2 Introdução.....	21
3.3 Material e Métodos.....	22
3.4 Resultados e Discussão.....	28
3.5 Conclusões.....	35
<b>4 ARTIGO B: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS</b> .....	36
4.1 Resumo e Abstract.....	36
4.2 Introdução.....	37
4.3 Material e Métodos.....	38
4.4 Resultados e Discussão.....	44
4.5 Conclusões.....	62
<b>5 ARTIGO C: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS</b> .....	63
5.1 Resumo e Abstract.....	63
5.2 Introdução.....	64

5.3 Material e Métodos.....	65
5.4 Resultados e Discussão.....	70
5.5 Conclusões.....	76
<b>6 CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>77</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente a economia cafeeira em São Paulo foi o grande motor da economia brasileira desde a segunda metade do século XIX até a década de 1920, sendo o principal produto de exportação do Brasil durante quase 100 anos, além de controlar a política interna brasileira (“política café com leite”). Como o Brasil detinha o controle sobre grande parte da oferta mundial desse produto, podia facilmente controlar os preços do café nos mercados internacionais, obtendo assim lucros elevados.

O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto, detendo mais de 25% do mercado mundial (Abic, 2013). O café é uma cultura em crescimento no Brasil nos últimos anos, a estimativa de produção de café para a safra 2013 indica que o País deverá colher aproximadamente 48,6 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado, sendo Minas Gerais o maior estado produtor, totalizando mais de 50% da produção brasileira. Confirmando a estimativa, esta será a maior safra de ciclo de baixa bienalidade já produzida no País. A área plantada com as espécies arábica e conilon no Brasil totalizam 2.341,73 mil hectares, resultando em um crescimento de 0,54% da área plantada na safra 2012 (Conab, 2013a).

Pequenas e médias propriedades frequentemente cultivam plantas anuais entre as linhas da cultura de café com baixa densidade de plantio, proporcionando maior uso do solo durante a fase de formação da lavoura. Os aspectos positivos resultantes da adoção dessa prática consistem na redução dos custos, na fixação da mão de obra na propriedade rural, na conservação (Instituto brasileiro do Café, 1985) e no uso mais intensivo do solo, na diversificação de culturas, na proteção contra ventos (Melles e Silva, 1978), contribuindo para a produção de alimentos (Chaves e Guerreiro, 1989).

O setor emprega direta e indiretamente cerca de 8,4 milhões de trabalhadores, proporcionando renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias (Mapa, 2013).

O mercado internacional tem imposto algumas exigências para os produtos agrícolas brasileiros em geral. Dentre as exigências a serem cumpridas pelos cafeicultores, destacam-se critérios socioambientais e métodos que

considerem a conservação da biodiversidade e suas condições de sobrevivência para promover um manejo sustentável, proporcionando melhoria ou manutenção da sua estrutura do solo, de forma a evitar sua compactação pelo manejo inadequado (Bsca, 2005).

A sustentabilidade agrícola busca a junção dos aspectos socioculturais, econômicos e ambientais. Desenvolver-se de maneira sustentável é buscar atender as necessidades presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

A utilização de plantas como os adubos verdes nas entre as linhas da cultura do café vêm sendo muito utilizado, visando cobertura vegetal do solo, adubação e adição de matéria orgânica, supressão às plantas invasoras, melhor agregação e proteção ao solo, já que um dos maiores problemas decorrentes da agricultura é a erosão. A erosão do solo é um fenômeno complexo, envolve desagregação, transporte e deposição de partículas (Bertol et al., 2007), a utilização de plantas nas entre linhas do cafeeiro ajuda a evitar e/ou controlar a erosão.

A permanência da palhada, na superfície do solo, resultante da cultura nas entre linhas do café é importante para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo, além de contribuir para o aporte de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e manutenção das propriedades físico-hídricas e mecânicas do solo, podendo resultar em acréscimo na produtividade do cafeeiro (Brançalião e Moraes, 2008; Calvo et al., 2010).

Sendo assim, o cultivo nas entre linhas do café pode resultar em melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, servir como supressão as plantas invasoras, prevenção e/ou controle de erosão e auxiliar a infiltração de água no solo, gerando uma agricultura mais sustentável, além de produzir alimentos, aumentando a renda do produtor na entressafra da cultura do café nos anos de ciclo de baixa bienalidade, por meio da adoção do consórcio de culturas como mandioca, amendoim, milho e feijão, entre outras, principalmente para os pequenos e médios produtores, resultando em uma agricultura mais justa socialmente.

Este projeto teve por finalidade por meio da prática de uma agricultura sustentável nos diferentes manejos adotados nesse trabalho, ou seja, manejos que visam manter o solo coberto, diminuir o uso de insumos químicos (fertilizantes minerais e/ou agrotóxicos), melhorar a produtividade do cafeeiro, gerar

renda adicional, aumentando a qualidade de vida do produtor, pelas ações adotadas na sua propriedade, por meio das técnicas de manejo nas entre linhas do café.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade do cafeeiro e os atributos físicos e químicos do solo em função dos manejos nas entre linhas desta cultura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURAS INTERCALARES

Uma das principais características agronômicas, de grande interesse, buscada nos adubos verdes é a disponibilidade de nitrogênio (N). Uma forma alternativa de manejar os cafezais é a consorciação com adubos verdes. A utilização de espécies leguminosas (*fabaceae*) no consórcio possibilita a pronta disponibilidade de N para a cultura de interesse no momento do corte (Silva et al., 2013a).

As leguminosas têm sido as espécies preferidas para a utilização nas entre linhas dos cafeeiros, pois além de proporcionarem benefícios semelhantes aos de outras espécies, apresentam a capacidade de acumular N pela fixação biológica (Partelli et al., 2009; Paulino et al., 2009; Souza et al., 2012a).

Relatos da experiência do uso de faixas de controle de plantas invasoras (Souza et al., 2006; Araujo Junior et al., 2011), adubo verde (Paulo et al., 2001; Erasmo et al., 2004), entre outras em consórcio com o café, têm comprovado a necessidade do manejo integrado, uma vez que as espécies cultivadas em consórcio com a cultura principal, em diferentes densidades, são capazes de suprimir a interferência de plantas invasoras na entre linha da cultura (Baumann et al., 2001).

Ronchi et al. (2007), observaram que plantas de café tiveram menor acúmulo da matéria seca do sistema radicular quando se desenvolveram na presença de plantas invasoras, como *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia*.

Estudando o efeito de plantas intercalares na cultura da banana, Carneiro et al. (2012), trabalharam com as seguintes espécies de leguminosas perenes: amendoim-forrageiro, kudzu tropical, calopogônio, estilosantes, consórcio entre kudzu tropical e calopogônio, feijão-de-porco, plantas espontâneas e testemunha capinada e observou que o amendoim-forrageiro proporcionou menor densidade do solo.

Souza et al. (2006), trabalhando com *Brachiaria decumbens* observaram que utilizando uma largura mínima de 100 cm de cada lado da linha do

café, mantém o cafeeiro livre da interferência de plantas invasoras e do próprio capim-braquiária e Erasmo et al. (2004), que a monocultura seleciona as espécies mais adaptadas ao sistema de cultivo, e favorece o surgimento de plantas resistentes a herbicidas.

Carvalho et al. (2007a), utilizando o consórcio de feijão nas entre linhas do cafeeiro, observaram que não houve interação significativa com o café em monocultura para diâmetro de caule e mortalidade de plantas de café. Constataram também que a partir de 4 linhas de feijão nas entre linhas de café, há aumento de mortalidade das plantas de café.

Trabalhando com lablab e feijão-de-porco consorciado com café, Siqueira et al. (2009), constataram que o lablab manejado aos 30 dias após semeadura apresentou maior altura e diâmetro de copa das plantas de café em relação à testemunha (sem consorciação).

O consórcio de leguminosas nas entre linhas dos cafeeiros gera benefícios como cobertura do solo, controle de invasoras e adubação verde, além de ser uma prática conservacionista que utiliza a própria vegetação para proteger o solo da erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 1993).

Para Silva et al. (2007), o uso de plantas de cobertura, além de proporcionarem condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura principal ou as subseqüentes, estimula a sustentabilidade do sistema de produção.

O plantio de adubos verdes consorciados com a cultura de interesse econômico, como por exemplo, o café é desejável na propriedade rural sob vários aspectos técnicos, em especial, as fixadoras de nitrogênio (N). Nos sistemas produtivos elas irão aumentar a disponibilidade e reciclagem de nutrientes, reduzir efeitos de estresses abióticos, proteger o solo contra a erosão, melhorar infiltração de água e incrementar a biodiversidade dentro da propriedade (Wutke et al., 2009).

Colares et al. (2011), estudando os efeitos da consorciação de cafeeiros com milho e feijão, constataram que os tratamentos de café com feijão e de café com milho, não interferiram no desenvolvimento inicial do cafeeiro (comprimento e número de entrenós do primeiro ramo plagiotrópico) quando comparados a testemunha.

A utilização de plantas de cobertura nas entre linhas de outras culturas, favorece a densidade e diversidade de microrganismos edáficos,

principalmente solubilizadores de fósforo (P) (Carneiro et al., 2004), melhorando a estrutura do solo e proporcionando a ciclagem de nutrientes (Teixeira et al., 2006).

As culturas intercalares contribuem positivamente para o balanço de N e P (Chu et al., 2004), aumento do estoque de C e N no solo (Bayer et al., 2000) e, conseqüentemente, podem proporcionar aumento na produtividade das culturas (Kaizzi et al., 2006).

Utilizando espécies arbóreas consorciadas ao café Barbera-Castillo (2001), observou o aumento do aporte de matéria orgânica em virtude da queda de folhas, conservação da umidade, redução das perdas de N e de emergência de plantas invasoras, além de estimular a atividade biológica (Thomazini et al., 2012), aumentando a capacidade de infiltração de água e redução dos riscos de erosão.

## **2.2 ADUBOS VERDES**

O uso de coberturas vegetais, ou adubos verdes, é considerada uma tecnologia que traz benefícios para o solo por favorecer a ciclagem de nutrientes (Teixeira et al., 2010), promover melhorias na estrutura do solo por meio do sistema radicular (Souza Neto et al., 2008) e aumentar os teores de matéria orgânica (Amado et al., 2001).

O uso de adubos verdes é uma antiga prática agrícola, no entanto, por muito tempo, seu uso ficou restrito aos pequenos produtores. Nos últimos anos, em muitos países da América Latina, especialmente na parte tropical, o uso dos adubos verdes está crescendo significativamente de ano para ano na agricultura, contribuindo não somente do ponto de vista econômico, como também do ponto de vista da conservação do meio ambiente (Urquiaga et al., 2013).

As plantas de cobertura apresentam capacidade de crescer em solos com alta resistência mecânica, criando canais (“bioporos”) nos quais as raízes da cultura subsequente podem crescer (Silva e Rosolem, 2001). Além desse efeito físico de facilitar o crescimento radicular em profundidade, esses bioporos apresentam, também, microclima favorável ao crescimento das raízes, uma vez que há mais substrato orgânico oriundo de exsudatos radiculares ou da decomposição

das raízes mortas, que, além de complexar alumínio (Al), reduzem seu efeito tóxico (Canellas et al., 1999).

Segundo Lombardi-Neto et al. (1976) e Igue (1984), a adubação verde é uma prática conservacionista, sendo considerada como uma das mais eficientes no controle de erosão, a sua utilização melhora as condições físicas, químicas e biológicas, recuperando a fertilidade do solo.

De acordo com Souza et al. (2009), a adubação verde é uma prática que consiste no cultivo de espécies nativas ou introduzidas, cultivadas em rotação ou em consórcio com culturas de interesse econômico. Citam ainda que essas espécies podem ser de ciclo anual, semiperene e perene, as quais, portanto, cobrem o solo em determinados períodos de tempo ou durante todo o ano, podendo ser incorporadas ou mantidas em cobertura.

A adubação verde pode proporcionar aumentos consideráveis dos teores de matéria orgânica e na disponibilidade dos nutrientes, beneficiando os agroecossistemas e favorecendo suas características físicas, químicas e biológicas (Leite et al., 2010). Entre as características desejáveis para a seleção de espécies para adubação verde, destacam-se a produção de matéria seca, capacidade de incrementar nutrientes pela simbiose com microrganismos, cobertura do solo e reciclagem de macro e micronutrientes (Chaves e Calegari, 2001; Wutke, 2009).

O milho é uma gramínea (*poaceae*) anual de clima tropical que possui boa resistência à seca, ampla adaptação e boa produção de massa, além de crescimento rápido, raízes vigorosas e boa capacidade de ciclagem de nutrientes (Silva e Rosolem, 2003), considerada como exemplo clássico de planta de cobertura, pois apresenta relação C/N de 30 ou maior nas fases de emborrachamento e florescimento (Kliemann et al., 2006).

Alvarenga et al. (2001), afirmaram que o milho fornece palhada mais duradoura na superfície do solo e, com seu sistema radicular mais desenvolvido, podendo alcançar mais de 2,0 metros, absorve nutrientes em maiores profundidades, extraindo e reciclando nutrientes não absorvidos pelas culturas anuais, que têm raízes menos profundas.

Em estudos para avaliação da composição da matéria seca da parte aérea do milho, Moraes (2001), Oliveira et al. (2002) e Teixeira et al. (2005), quantificaram valores de matéria seca de 9,65 Mg ha<sup>-1</sup> no estágio de pleno florescimento, 14,18 Mg ha<sup>-1</sup> aos 100 dias após a semeadura e 2,91 Mg ha<sup>-1</sup> aos 119

dias após a semeadura, respectivamente; e a quantidade de nutrientes, nos três trabalhos, variou, para o N, de 49 a 64 kg ha<sup>-1</sup>; para o P, de 7 a 25 kg ha<sup>-1</sup>; para o K, de 21 a 166 kg ha<sup>-1</sup>; para o Ca, de 11 a 106 kg ha<sup>-1</sup>; e para o Mg, de 5 a 54 kg ha<sup>-1</sup>. Moraes (2001) observou, após 168 dias de avaliação, uma mineralização de 96,8; 93,6; 95,8; 96,9; e 90,0 %, respectivamente, para N, P, K, Ca e Mg.

Teixeira et al. (2011), estudando a decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de milho (ENA 2 e BRS 1501) e sorgo constataram que a cultivar de milho ENA 2 apresentou menor taxa de decomposição de biomassa, sendo mais favorável para utilização como planta de cobertura e recicladora de nutrientes em ambiente tropical. E, também, que o sorgo apresenta maior acúmulo de N, e o milho ENA 2, maior acúmulo de K e de P em solo arenoso sem adubação.

As leguminosas de modo geral são as plantas preferidas para a formação da matéria orgânica do solo em virtude da grande massa produzida por unidade de área, da sua riqueza em elementos minerais, do seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, da capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, do aproveitamento do nitrogênio atmosférico (Malavolta, 1967; Silva et al., 2009). Algumas dessas plantas podem, também, ser utilizadas para proteger os cafeeiros contra os ventos (Melles e Silva, 1978).

Ricci (2009), concluiu que a utilização de adubos verdes como cobertura viva do solo com o objetivo de incorporar matéria orgânica e controlar as plantas espontâneas na cultura do cafeeiro resultou na redução da necessidade de capinas.

Partelli et al. (2009), estudando os efeitos dos tratamentos testemunha (sem plantio de plantas de cobertura), milho e as leguminosas feijão-de-porco, mucuna-anã e feijão guandu, constataram que a fixação biológica de nitrogênio contribuiu com cerca de 80% do nitrogênio (N) acumulado pelas leguminosas, sendo que em função da produção de biomassa seca a contribuição variou de a 27 a 35 kg N ha<sup>-1</sup>. O feijão-de-porco (29,1 g kg<sup>-1</sup>) e mucuna-anã (32,6 g kg<sup>-1</sup>) apresentaram maior concentração de N.

Oliveira (2013), trabalhando com os adubos verdes: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco, mucuna preta, mucuna cinza e área em pousio, verificaram que dentre as leguminosas avaliadas o feijão-de-porco, mucuna cinza e mucuna preta foram as espécies que apresentaram melhores

resultados para o manejo conservacionista do solo mediante a maior capacidade de cobertura, retenção de umidade e redução da temperatura do solo.

Leônidas et al. (2007), verificaram que as leguminosas *Arachis pintoi* (amendoim forrageiro) e *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical) foram as mais eficientes no controle das plantas invasoras nos períodos seco e chuvoso, possibilitando a redução da mão-de-obra com capinas ou controle químico, (Costa et al., 2011) principalmente com monocotiledôneas.

### 2.3 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A matéria orgânica tem sido apontada como indicador primário da qualidade do solo, por atuar direta e indiretamente em atributos físicos, químicos e biológicos do solo e sobre as plantas. Em razão disso, a escolha correta do sistema de manejo de plantas invasoras a ser empregado em lavouras cafeeiras deve considerar a capacidade de manutenção e/ou o aumento dos teores de matéria orgânica do solo (Pitelli e Pitelli, 2004; Alcântara et al., 2009).

A manutenção da matéria orgânica pode contribuir para a ciclagem de nutrientes e o fluxo de nutrientes para as plantas, além de ser um importante constituinte para a agregação do solo. A permanência da palha na superfície do solo é importante para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficia a manutenção da umidade e favorece a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (Calvo et al., 2010).

Theodoro et al., (2009), observaram maiores produtividades do cafeeiro quando foram aplicados farelo de mamona, em relação ao esterco bovino e a cama de aviário, certamente, além da concentração de cada nutriente nesses materiais, outras propriedades da matéria orgânica que interferem na CTC bem como o estágio de decomposição e a velocidade de decomposição do material podem interferir no resultado final.

Segundo Santos et al. (2001), a casca de café protege o solo, tem alta relação C/N e capacidade de devolver à lavoura, nutrientes extraídos pela produção, principalmente o potássio, além disso, controla as plantas invasoras por

ação física, também pode inibir o nível de infestação dessas plantas por ação química, por meio do efeito alelopático.

Silva et al. (2013b), avaliando os efeitos da adubação orgânica em cobertura, com os seguintes compostos: capim elefante e palha-de-café (1:1) e capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango (2:1:1) em comparação com adubação mineral; verificaram acréscimos de 11 e 0,4 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para C e N, quando os cafeeiros foram adubados com os compostos orgânicos.

Costa et al. (2011), estudando produtividade do cafeeiro e o controle de plantas invasoras, trabalharam nas entre linhas de café com os tratamentos: cobertura morta com casca de café, amendoim forrageiro, roçada mecânica, controle químico (*glyphosate*) e capina manual, constataram que o uso da cobertura do solo com casca de café e o controle com herbicida apresentaram as menores ocorrências de plantas invasoras; porém os tratamentos não influenciaram significativamente na produtividade e nos nutrientes da parte aérea dos cafeeiros.

Avaliando os efeitos da adubação orgânica, Rodrigues et al. (2013), trabalharam com cama frango (70 g planta<sup>-1</sup>) no plantio e em cobertura com um composto orgânico (70 g planta<sup>-1</sup>) formado por capim camerom (60%), palha-de-café (20%) e cama-de-frango (20%), com ou sem *Crotalaria juncea* e concluíram que o crescimento vegetativo do cafeeiro medidos pela altura total, ramos plagiotrópicos totais, altura acima do entrenó marcado, número de ramos plagiotrópicos acima do entrenó marcado, número de nós do ramo ortotrópico acima do entrenó marcado, comprimento do ramo, número de nós do ramo plagiotrópico marcado e número de folhas do ramo plagiotrópico marcado, após 18 meses de implantação, não apresentaram efeito significativo.

Estudando o manejo orgânico na produtividade de cafeeiros, Theodoro et al. (2007), verificaram que dos 16 adubos orgânicos avaliados em um Latossolo Vermelho distroférico apresentaram diferenças significativas entre si. Os tratamentos que utilizaram como adubo orgânico o farelo de mamona atingiram a maior produtividade média que foi de 2.843 kg ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos com esterco bovino apresentaram produtividade média de 2.136 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que os tratamentos com cama de aviário registraram 2.039 kg ha<sup>-1</sup>. Porém esses resultados não diferiram estatisticamente da testemunha (adubo mineral), que registrou uma média de 2.114 kg ha<sup>-1</sup>.

Vilela et al. (2011), estudando o crescimento inicial de cafeeiros e a fertilidade do solo, compararam os efeitos da cobertura morta com massa verde de leguminosas: amendoim forrageiro e mucuna cinza com a adubação mineral com sulfato de amônio e concluíram que a adubação orgânica com massa verde de leguminosas proporcionaram aumentos significativos no diâmetro da copa, perímetro do caule, número total de folhas, número total de ramos plagiotrópicos e número total de nós em comparação com a adubação mineral.

Para os teores de nutrientes no solo, ainda de acordo com Vilela et al. (2011), constataram que a aplicação da massa fresca de leguminosas aumentou em até oito vezes a concentração de K, quando comparado com adubação com sulfato de amônio, havendo também aumento nas concentrações de P, Ca, Mg.

Araújo et al. (2011), trabalhando com diferentes doses de compostos orgânicos preparados, basicamente, com capim Cameron triturado (50%), esterco de galinha (20%) e resíduos diversos (palha de feijão, palha de milho e palha de café) (30%), verificaram que para os teores de nutrientes no solo apenas o K variou significativamente, sendo maior sua concentração no solo conforme aumento da dose do composto aplicado. Já para os teores de nutrientes foliares no cafeeiro, S, Cu e Fe, variaram significativamente, sendo que quanto maior a dose do composto menor a concentração destes nutrientes encontrados nas folhas dos cafeeiros.

A torta de filtro é um subproduto da indústria canavieira, gerado em grande volume, de 30 a 40 kg por tonelada de cana moída (Tolfo, 2013). A sua composição química é variável em função da variedade e da maturação da cana, tipo de solo, processo de clarificação do caldo e outros, possuindo elevados teores de matéria orgânica e de elementos essenciais às plantas como fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e micronutrientes, podendo ser utilizada em parte para substituir fertilizantes minerais (Nunes Junior, 2008; Santos et al., 2011a; Almeida Júnior et al., 2011).

Rossetto et al. (2008) e Bertoncini (2009), salientaram que a torta de filtro pode desempenhar papel fundamental na produção agrícola e nos solos, quanto a manutenção da fertilidade e nos atributos físicos.

Além dos benefícios já citados da matéria orgânica para as propriedades do solo e produtividade das plantas, ela também influencia na emissão de gases de efeito estufa (no processo de emissão e fixação de C e N). Os solos

manejados inadequadamente podem potencializar a mineralização da matéria orgânica aumentando a emissão de gases de efeito estufa (Souza et al., 2012b).

## **2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

A análise dos atributos físicos do solo é um indicador importante da sustentabilidade nos diferentes tipos de uso das terras. A porosidade do solo e a relação entre macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para avaliação da influência da textura e da estrutura do solo na disponibilidade de água, ar e nutrientes (Salume et al., 2013).

Entre os indicadores físicos de qualidade do solo, Tormena e Roloff (1996) relacionaram densidade do solo, porosidade, estruturação, resistência mecânica do solo, dentre outros.

Melhoria das propriedades físicas do solo (densidade do solo e infiltração de água) com a utilização de adubos verdes para recuperação de uma área degradada para construção de uma usina hidrelétrica foi observado por Alves e Souza (2007), quando utilizou feijão-de-porco, mucuna-preta e feijão guandu em Latossolo Vermelho distrófico.

O manejo de plantas invasoras na cultura do cafeeiro está relacionado com o uso, em geral, de máquinas agrícolas, que podem causar compactação do solo (Santos et al., 2010) e alteração do meio onde o sistema radicular se desenvolve, promovendo degradação da estrutura do solo e redução da produção das culturas (Araujo Junior, 2007). Além do tipo de manejo adotado, o número médio de operações anuais para o controle satisfatório das plantas invasoras pode alterar a produção da lavoura cafeeira (Alcântara et al., 2009).

As alterações estruturais decorrentes do manejo inadequado também alteram a distribuição de tamanho e continuidade de poros (Oliveira et al., 2004) e modifica, conseqüentemente, a dinâmica da água no solo relacionada à infiltração e recarga do lençol freático (Reichert et al., 2007). Como resultado, o solo perde sua capacidade produtiva e tem a susceptibilidade à erosão aumentada, podendo desencadear perdas irreversíveis ao ambiente.

Segundo Moura et al. (2012), o uso de sistemas de manejo com menor revolvimento e que proporcionam acúmulo de resíduos das culturas na superfície em áreas degradadas pelo preparo inadequado do solo possibilitam a recuperação das propriedades físicas do solo.

Bonini e Alves (2011), estudando uma série de tratamentos com adubos verdes para melhorar a agregação de um solo degradado pela construção da usina de Ilha Solteira, observaram que a estrutura do solo (estabilidade de agregados) foi recuperada, e os tratamentos com uso de guandu/feijão-deporco/braquiária com calcário/gesso, bem como o tratamento somente com mucuna-preta, foram os mais eficazes.

Alves e Suzuki (2004), observaram que o uso de plantas de cobertura aliado à sucessão de culturas (milho e soja) sob semeadura direta melhorou as propriedades físicas do solo, como porosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração.

Segundo Theodoro et al. (2003), os atributos físicos e químicos do solo influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Tais variações, que ocorrem pelo manejo do homem, mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas, influenciam principalmente o acúmulo de material orgânico, a infiltração da água no solo e a erosão hídrica (Bertol et al., 2004).

Alterações estruturais nas entre linhas dos cafeeiros têm sido frequentes, sendo resultantes das operações de manejo de plantas invasoras e do tráfego de máquinas (Gontijo et al., 2008). Essas alterações na estrutura do solo nas entre linhas dos cafeeiros podem alterar a condutividade hidráulica do solo e as taxas de infiltração de água, durante as chuvas ou irrigação (Timm et al., 2006).

Segundo Araujo Junior et al. (2008), o manejo de plantas invasoras por métodos mecânicos é considerado uma das principais atividades que promovem degradação da estrutura do solo, devido à compactação do solo causada pelas operações de controle. Desse modo, é importante entender como o manejo de plantas invasoras altera a capacidade de suporte de carga dos solos, principalmente quando feito mecanicamente e em condições inadequadas de umidade do solo. Este fator diminui a longevidade e produtividade da lavoura cafeeira (Santos, 2006).

Estudando a compactação do solo causada pelo manejo de plantas invasoras em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) cultivado com a cultura do

café, Pais et al. (2011), observaram que os manejos de plantas invasoras que promoveram maior compactação do LVA foram grade de discos, roçadora e trincha. Os manejos de plantas invasoras que promoveram menor compactação do LVA foram braquiária, crotalária e soja.

A utilização de máquinas agrícolas na cultura do café tem proporcionado maior degradação da estrutura do solo. Isto tem sido potencializado já que a área de trabalho para mecanização em lavouras cafeeiras é restrita a pequenas faixas nas entre linhas de plantio, o que obriga as máquinas a transitarem sempre no mesmo local (Carvalho Filho et al., 2004) e próximo à saia do cafeeiro, local onde se concentram as suas raízes ativas.

Estudando a compactação de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado com café, causado pelo tráfego de máquinas agrícolas Gontijo et al. (2008), observaram que a porosidade total na linha de tráfego ( $0,61 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e na projeção da saia ( $0,63 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) diminuíram em relação a mata nativa ( $0,65 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), e a densidade do solo aumentou  $1,01 \text{ Mg m}^{-3}$  (linha de tráfego) e  $0,97 \text{ Mg m}^{-3}$  (projeção da saia) em relação a mata nativa ( $0,90 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

Trabalhando em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro, Carmo et al. (2011a), constataram que o sistema de café com mecanização modificou as propriedades físicas na posição de linha de tráfego de máquinas, indicadas pelo aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração e redução do volume total de poros, da macroporosidade e da relação macro/microporosidade, quatro anos após o plantio.

Avaliando a resistência à penetração (RP) em um Latossolo Vermelho Amarelo (textura argilosa) cultivado com café, Vargas et al. (2013), trabalharam com 3 tratamentos: café convencional, café agroflorestal e mata secundária e verificaram que o café em sistema agroflorestal apresentou os menores valores de RP, o que revela que este manejo pode favorecer o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro. Além disso, o sombreamento proporcionado pelo sistema agroflorestal melhorou a umidade do solo, em comparação ao convencional.

## 2.5 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

As propriedades químicas do solo são bastante influenciadas pela adubação verde, sendo dependente de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo da permanência dos resíduos no solo, as condições locais (clima), e a interação entre esses fatores (Alcântara et al., 2000).

De acordo com os resultados obtidos por Dias et al. (2011), utilizando as culturas de soja, crotalária, mucuna preta, feijão guandu e uma parcela com capina, nas entre linhas do cafeeiro, concluíram que o solo cultivado com leguminosas apresentou menor acidez ativa, maior soma de bases e saturação por bases quando comparado com a testemunha.

Ainda segundo Dias et al. (2011), observaram que as leguminosas, mucuna (*Stilozobium aterrimum*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), apresentaram melhores resultados para os teores de cálcio e para os micronutrientes (ferro, cobre e boro). Já para os teores de zinco e manganês os melhores resultados são obtidos utilizando o feijão guandu.

Em solos tropicais e subtropicais, a CTC da matéria orgânica pode representar grande percentual da CTC total do solo; a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (Bayer e Mielniczuk, 2008).

Como a taxa de decomposição de resíduos culturais é importante na ciclagem de nutrientes, Kliemann et al. (2006) afirmaram que o conhecimento dessa dinâmica é fundamental para a compreensão desse processo, e estudos de campo, envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos, com enfoque na dinâmica de distribuição de nutrientes, nos vários compartimentos do sistema palhada-solo ao longo do tempo, são essenciais para o entendimento dessa dinâmica de distribuição e liberação de nutrientes.

Trabalhando com 2.406 análises de solo escolhidas aleatoriamente, da região de Guaxupé/MG, Figueiredo et al. (2011), concluíram que em 64,5% das análises, o valor de pH está entre muito baixo e baixo; 30% das amostras apresentaram teor médio de P; o teor de K trocável está situado entre médio a alto; o teor de Ca em 69,3% das análises foi médio; o Mg em 64,8% dos casos teve teores médios; em 41,5% das análises de solo o teor de V% foi baixo; os autores ainda citam que as interpretações foram realizadas segundo as tabelas do Boletim

Técnico 100 (Raij, 1997) e da Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999).

Trabalhando nas entre linhas do cafeeiro, com os tratamentos: sem capina, capina manual, herbicida de pós-emergência, roçadora, enxada rotativa, grade e herbicida de pré-emergência para o controle de plantas invasoras, Araujo-Junior et al. (2011), concluíram que o manejo sem capina contribuiu positivamente para as alterações dos atributos químicos (Ca trocável, CTC efetiva e CTC a pH 7,0) nas três profundidades estudadas, além de elevar o teor de C orgânico total.

O manejo constante e por longo prazo com herbicida de pré-emergência reduziu os valores de pH, Ca, Mg e CTC efetiva em três profundidades estudadas, em relação aos demais manejos de plantas invasoras nas entre linhas do cafeeiro (Araujo Junior et al., 2011).

Cogo et al. (2011), para estudar os efeitos dos atributos químicos de um solo manejado com café Catuaí Vermelho em consorciação, utilizaram os tratamentos: café solteiro, café com macadâmia, plantio direto (milho) e mata secundária; e observaram maior acidez em café macadâmia e plantio direto e poucos efeitos nos demais indicadores de fertilidade. Para o teor de matéria orgânica no solo de 0-5 cm de profundidade foi superior em mata secundária, mas de 20-40 cm de profundidade foi maior em solos com cafezais. Não houve diferença no teor de matéria orgânica no solo entre o cafezal solteiro e o consorciado.

Estudando os atributos químicos do solo, Theodoro et al. (2003), em café convencional, café orgânico e café em conversão para orgânico, verificaram que o manejo do café orgânico registrou maior alteração nas características químicas do solo em relação ao convencional, com incrementos no pH e nos valores de matéria orgânica, Ca, Mg, K, P, Zn, B, CTC do solo, SB, V % e diminuição do Al trocável.

Pilon et al. (2013), trabalhando com café consorciado com nim, cedro, teca e a pleno sol, constataram que os atributos do solo sob cafeeiros consorciados não diferiram do solo com cafeeiro a pleno sol, exceção feita para o Mg, o qual é superior nos consórcios agroflorestais. E entre os consórcios agroflorestais, destaque para o consórcio do cafeeiro com teca que aponta maiores teores de Ca e Mg e menores de Al e H+Al em profundidade 10 - 40 cm.

Comparando os atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com café (*Coffea arabica* L.) em sistema convencional

(pleno sol) e consorciado (agroflorestal/sombreado), Tintori et al. (2013), constataram que o sistema agroflorestal apresentou melhores valores para P, K, Ca, soma de bases, CTC efetiva e total e saturação de base, porém apresentou alta saturação de alumínio.

Fidalski e Chaves (2010), observaram que o amendoim forrageiro, bagaço de laranja, palha de café, esterco bovino, cama de frango, esterco de galinha e bagaço de cana-de-açúcar com esterco de galinha melhoraram a fertilidade do solo, refletindo positivamente no desenvolvimento do cafeeiro. Observaram ainda que a mucuna-cinza aumentou o teor de N nas folhas do cafeeiro, a leucena aumentou o K no solo e a torta de filtro de cana-de-açúcar aumentou o Ca no solo. Essas alterações contribuíram para um maior desenvolvimento do cafeeiro e para a sua produtividade.

## 2.6 PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CONSORCIADO

No Brasil, as lavouras cafeeiras são conduzidas, preferencialmente, a pleno sol (Lunz et al., 2009), e no limpo (com capinas manuais e/ou mecânicas) que contribui para menor longevidade da planta e maior degradação do solo.

Em trabalho conduzido por Paulo et al. (2001), na região da Alta Paulista, analisando o café Apatã consorciado com mucuna-anã, *crotalaria juncea*, *crotalaria spectabilis*, feijão guandu, soja e testemunha sem consórcio, encontraram que a produtividade do café não diferiu dos tratamentos com consórcio de adubos verdes para a testemunha sem consórcio, com exceção da crotalaria júncea e guandu, que a produção de café foi menor.

Souza et al. (2011), verificaram que o desenvolvimento vegetativo, como diâmetro do caule e da copa, altura das plantas e número de nós por ramos e número de folhas por ramos do café não diferiram estatisticamente pelo consórcio com as leguminosas lablab e feijão-de-porco. A produtividade foi influenciada pela consorciação em comparação à testemunha, sendo que o cafeeiro consorciado com lablab produziu mais que os demais tratamentos, quando consorciado por 60 dias. Já a produção acumulada dos quatro anos de estudo foi influenciada pelos tratamentos, apresentando diferença apenas para as leguminosas, onde o cafeeiro

consorciado com a lablab produziu mais que quando consorciado com o feijão-de-porco, com médias anuais de 2.234 e 1.711 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Rezende et al. (2000), estudando café, cultivar Catuaí Vermelho, em consorciação com a soja, concluíram que a produtividade de cafeeiros diminuiu em até 42% em relação à testemunha capinada.

Bergo et al. (2006), verificaram redução na produtividade de cafeeiros em consócio com feijão-de-porco e Ricci e Aguiar (2004), trabalhando com feijão guandu consorciado com café em sistema orgânico, constataram que essa leguminosa reduziu a produtividade do cafeeiro quando plantada em duas e três linhas nas entre linhas do cafezal.

Fidalski e Chaves (2010), estudando o efeito de vários resíduos orgânicos, constataram que o café obteve maiores produtividades nos tratamentos com torta de filtro, massa fresca de leucena e massa fresca de mucuna-cinza (574, 269 e 208 kg ha<sup>-1</sup> de café beneficiado) quando comparada com a testemunha (sulfato de amônio).

Santos et al. (2011b), estudando a produtividade do café no seu primeiro ano de produção sob influência da consorciação com leguminosas herbáceas em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, verificaram que os tratamentos com amendoim forrageiro, siratro e lablab não diferiram entre si e nem das testemunhas capina manual e com controle químico, os resultados obtidos foram: 1.218; 1.228; 1.176; 1.281 e 1.281 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Bergo et al. (2006), trabalhando com feijão-de-porco, feijão guandú, mucuna preta, flemingia consorciadas e testemunha na cultura do café, em agricultura familiar no Acre, verificaram que as maiores produtividades do cafeeiro foram obtidas quando consorciados com flemingia (576 kg ha<sup>-1</sup> de café beneficiado) e mucuna preta (414 kg ha<sup>-1</sup>) em comparação com a testemunha (276 kg ha<sup>-1</sup>).

Paulo et al. (2004), estudando a produtividade do café IAC 2258 nas safras de 1989 a 1993, em Latossolo Vermelho eutrófico, consorciado com algodão, amendoim, arroz, mamona, milho e testemunha, verificaram que o cultivo intercalar do arroz não reduziu significativamente a produtividade do cafeeiro (4.540 kg ha<sup>-1</sup>) em relação à testemunha (5.009 kg ha<sup>-1</sup>); já algodão (2.920 kg ha<sup>-1</sup>), amendoim (3.527 kg ha<sup>-1</sup>), mamona (1.378 kg ha<sup>-1</sup>) e milho (3.082 kg ha<sup>-1</sup>) diminuíram a produtividade do café.

Santos et al. (2011c), estudaram a produtividade do café sob efeito da consorciação com leguminosas perenes e verificaram que os tratamentos com amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*), híbrido de java (*Macrotyloma axillare*), soja perene (*Neonotonia wightii*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) não diferiram entre si e nem das testemunhas capina manual e com controle químico, os resultados obtidos foram: 2.430; 2.400; 2.235; 2.145; 2.352 e 2.220 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Diante da escassa citação literária e dos diferentes resultados obtidos nesta área, Souza et al. (2011), sugeriram mais pesquisas relacionadas com a produtividade das plantas de café cultivadas com adubos verdes.

### 3 ARTIGO A: PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS

#### 3.1 RESUMO E ABSTRACT

**RESUMO:** O manejo nas entre linhas do cafeeiro com plantas de cobertura, comerciais e/ou com o uso material orgânico pode aumentar a sua produtividade, além de promover maior proteção e conservação ao solo e gerar renda adicional ao produtor. Com objetivo de avaliar a produtividade e os teores de nutrientes foliares do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas, foi instalado um experimento na Fazenda Santa Rosa em Latossolo Vermelho eutroférico, no município de Cândido Mota/SP, com o cultivar de café IAPAR 59 em espaçamento de 3,5 x 1,0 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: T1 (testemunha com capina), T2 (testemunha sem capina), T3 (torta de filtro), T4 (feijão), T5 (mucuna-anã) T6 (milho) e T7 (milheto), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 metros de comprimento por 14 metros de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas das extremidades de cada parcela, perfazendo uma população de 12 plantas. Foram determinados os teores foliares de macro e micronutrientes do cafeeiro após colheita/retirada dos tratamentos das entre linhas e na colheita sua produtividade. Os resultados permitiram concluir que os teores de nitrogênio foliar na cultura do café foram maiores quando manejados com as culturas leguminosas em suas entre linhas e o consórcio com mucuna-anã resultou na maior produtividade.

**Palavras-chave:** Adubos verdes. Ciclagem de nutrientes. *Coffea Arabica* L. Consorciação.

**ABSTRACT:** The management between rows of coffee with cover crops, commercials and/or using organic material can increase your productivity, and promote greater protection and soil conservation and generate extra income to the producer. To evaluate the productivity and levels of foliar nutrients of coffee as function of handling between rows, an experiment was installed in the Santa Rosa farm, in eutroferric Red Latosol, in the city of Cândido Mota/SP, with cultivar of coffee IAPAR 59 in 3.5 x 1.0 m of spacing. The experimental design was a randomized block design with 7 treatments applied between rows of coffee: T1 (control treatments plus weeding), T2 (control without weeding), T3 (filter pie), T4 (beans), T5 (dwarf mucuna) T6 (corn) and T7 (pearl millet), with 4 replicates. The plots consisted of 4 rows between coffee, 8 meters long and 14 meters wide, resulting in a total area of 112 m<sup>2</sup>, being considered the useful area the two between rows centrals, discounting one between row in each side, and excluding the two plants ends in each plot, resulting in a population of 12 plants. Were determinated levels foliar of macro and micronutrient coffee tree after harvesting/withdrawal treatments between rows and on harvest your productivity. The results allowed concluding that the levels of foliar nitrogen in coffee culture were higher when handled with cultures legumes in between its lines and the consortium with dwarf mucuna resulted in higher productivity.

**Key-words:** Green Manure. Nutrient cycling. *Coffea arabica* L. Intercropping.

### 3.2 INTRODUÇÃO

O café tem grande importância histórica para o estado de São Paulo, foi o principal produto de exportação brasileiro durante quase 100 anos, sendo o motor da economia brasileira desde a metade do século XIX até a década de 1930. O café também comandou a política interna do país, representando São Paulo na “política do café com leite”.

A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no país (Mapa, 2013), proporcionando renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias. Em algumas zonas cafeeiras, programas de inclusão digital capacitam jovens e adultos, ensinando noções básicas de computação e acesso à Internet.

O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto, detendo mais de 25% do mercado mundial (Abic, 2013). O café é uma cultura em crescimento no Brasil nos últimos anos, a estimativa de produção de café para a safra 2013 indica que o País deverá colher aproximadamente 48,6 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado, sendo Minas Gerais o maior estado produtor, totalizando mais de 50% da produção brasileira. Confirmando a estimativa, esta será a maior safra de ciclo de baixa bienalidade já produzida no País. A área plantada com as espécies arábica e conilon no Brasil totalizam 2.341,73 mil hectares, resultando em um crescimento de 0,54% da área plantada na safra 2012 (Conab, 2013a).

Em 2012, a produção de café no Brasil representou 6,7% de todas as exportações brasileiras do agronegócio, que chegaram a aproximadamente 28,7 milhões de sacas de 60 kg, com faturamento de US\$ 6,5 bilhões. Os principais destinos das exportações brasileiras de café verde foram Alemanha, Estados Unidos, Itália e Japão; café solúvel - Rússia, Estados Unidos, Ucrânia e Japão; e café torrado e moído - Estados Unidos, Itália, Argentina e Japão (Mapa, 2013).

Por ser uma cultura muito exigente em relação às questões sociais e ambientais, a cafeicultura brasileira tem preocupação em garantir uma produção sustentável. O uso de adubos verdes é uma alternativa para preservação do solo, além de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

O cultivo consorciado de café com outras culturas como milho e feijão pode gerar aumento da renda do produtor na entressafra da cultura e nos anos de ciclo de baixa bienalidade, melhorando a qualidade de vida do produtor e de sua família, além de gerar empregos.

O uso de culturas nas entre linhas cafeeiras pode ser uma excelente alternativa para o controle de plantas invasoras como já estudaram (Paulo et al., 2001; Souza et al., 2006).

A consorciação pode representar redução nos custos de produção, devido à diminuição dos custos com adubação e controle de plantas invasoras.

Na busca por certificações que promovem a preservação ambiental, melhores condições de vida para os trabalhadores, melhor aproveitamento das terras e uso racional de recursos, a consorciação torna-se uma ótima alternativa.

Este trabalho objetivou o estudo de adubação orgânica e o plantio de adubos verdes e culturas comerciais consorciadas com o café (*Coffea arabica* L.), visando o aumento da produtividade e dos teores nutricionais do cafeeiro.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, pertencente ao município de Cândido Mota, localizado no sudoeste do estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 50° 23' oeste e 22° 44' sul e altitude média de 479 metros. Clima mesotérmico com temperatura média anual de 22,4°C, e precipitação média anual de 1.450 mm segundo a classificação climática de Köppen. O solo é classificado, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, como Latossolo Vermelho eutroférico (LVef), segundo (Embrapa, 2006).

A cultura utilizada foi o café, cv. IAPAR 59 (Figura 3.1) com histórico de cultivo desde 2010 (primeiro ano de produção), sendo conduzido no espaçamento de 3,5 m x 1,0 m, com manejo de adubação de 17 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e duas adubações minerais anuais em cobertura com a fórmula NPK (04-11-18) realizadas: uma na primavera utilizando 300 g planta<sup>-1</sup> de café e outra no verão de 200 g planta<sup>-1</sup> de café. O controle de plantas invasoras é realizado com capinas manual e/ou mecânica por meio do uso de roçadeira. A

produção do cafezal nos anos 2010, 2011 e 2012 está apresentada na Tabela 3.1. Antes da implantação do experimento (setembro de 2012), foram coletadas amostras de solo (5 sub amostras - método de trincheira) para análises químicas, na região das entre linhas do cafeeiro, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm e granulométrica (0-20 cm), e os resultados estão expressos na Tabela 3.2.

**Tabela 3.1** - Produtividade do café cv. IAPAR 59 nas safras de 2010 a 2012, na Fazenda Santa Rosa - Cândido Mota/SP (2012).

Ano Agrícola	2010	2011	2012
Produtividade - café beneficiado (kg ha <sup>-1</sup> )	622,2	588	625,8

**Tabela 3.2** - Análise química e granulométrica do Latossolo Vermelho eutroférico do local do experimento - Cândido Mota/SP (2012).

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	S mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----											
0-10	5,5	28,2	13,9	8,4	0,64	9,7	2,1	0,0	3,54	12,4	16,0
10-20	5,3	22,8	5,3	10,2	0,41	8,5	2,3	0,0	4,77	11,2	16,0
20-40	5,5	18,8	3,2	7,6	0,15	6,0	2,1	0,0	3,67	8,3	11,9
Prof. cm	M %	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Textura (0-20 cm)			
-----mg dm <sup>-3</sup> -----											
g kg <sup>-1</sup>											
0-10	0,0	77,8	0,5	29,2	28,3	171,4	8,1	Areia	Silte	Argila	
10-20	0,0	70,2	0,7	30,5	33,5	138,8	6,1	30	180	790	
20-40	0,0	69,2	0,6	25,7	42,1	73,3	2,9	3 %	18 %	79 %	

\* P = extrator Mehlich-1.

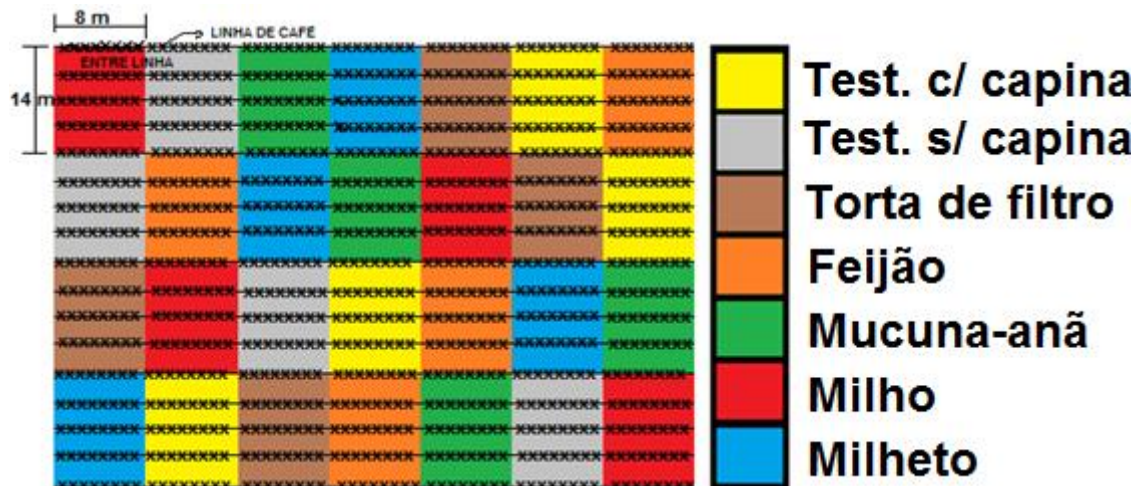


**Figura 3.1** - Aspecto geral da cultura do café na área experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: T1 (testemunha com capina

manual), T2 (testemunha sem capina), T3 (adubação orgânica com torta de filtro), T4 (consórcio com feijão - *Phaseolus vulgaris*), T5 (consórcio com mucuna-anã - *Mucuna deeringiana*) T6 (consórcio com milho - *Zea mays*) e T7 (consórcio com milheto - *Pennisetum glaucum*), com 4 repetições, seguindo o croqui apresentado na Figura 3.2.

As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 m de comprimento por 14 m de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas de café das extremidades de cada parcela, perfazendo uma área útil nas entre linhas de 28 m<sup>2</sup> e 12 plantas de café por parcela.



**Figura 3.2** - Croqui da distribuição dos manejos na área experimental

A adubação de manutenção da cultura do café no quarto ano de produção foi dividida em duas aplicações realizadas na primavera e verão, nas doses: 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para cada aplicação, nas fontes uréia e cloreto de potássio.

A adubação de semeadura e o plantio das culturas nas entre linhas foram realizadas em outubro de 2012, sendo implantados seguindo os tratamentos:

T1 (testemunha com capina manual) a cultura foi mantida no limpo por meio de capina manual, realizada sempre que necessário.

T2 (testemunha sem capina) não se efetuou nenhum controle para plantas invasoras nesta área; sendo encontrados picão branco (*Galinsoga parviflora*), picão preto (*Bidens pilosa*), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), trapoeraba

(*Commelina erecta*), voadeira ou buva (*Conyza canadenses* L.), caruru (*Amaranthus viridis* L.), mentruz (*Coronopus didymus*), capim amargoso (*Digitaria insularis*).

T3 (adubação orgânica com torta de filtro): foi aplicado à lanço e sem incorporação 10 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro por parcela proveniente da usina NovAmérica - Raízen, que possui características químico-físicas média, segundo o Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997), (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3** - Composição química média para torta de filtro na base úmida.

C/N	Umidade	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu
----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----									(mg kg <sup>-1</sup> )	
27	770	80	3	2	0,6	5	0,8	3	20	13

Fonte: Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997).

T4 (consórcio com feijão) utilizou-se a cultivar IPR-139 (Juriti Branco), semeado com espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 12 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 5 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 1,5 a 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de feijão, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Foram aplicados: 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

T5 (consórcio com mucuna-anã) foi semeada em espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 8 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 4 linhas de plantio por entre linhas. Neste manejo não houve adubação e calagem, seguindo (Alcântara et al., 2005).

T6 (consórcio com milho) foi semeado em espaçamento de 0,90 m nas entre linhas e com 5 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 3 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 6 a 8 Mg ha<sup>-1</sup> de milho, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Assim, foram aplicados: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

T7 (consórcio com milheto) foi semeado à lanço com uma densidade de semeadura de 6,7 kg ha<sup>-1</sup>. Esta cultura destinou-se apenas a adubação verde. Utilizou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de semeadura (Embrapa, 2003).

Os adubos utilizados foram uréia (45% de N), super fosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ), aplicados manualmente. Em nenhum dos tratamentos houve necessidade de calagem; e para determinação da adubação fosfatada foi utilizada a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999).

Visando o combate de pragas, principalmente o bicho mineiro, aplicou-se duas vezes o inseticida Altacor® (90g  $ha^{-1}$ ) com óleo mineral Joint Oil® (0,5 L  $ha^{-1}$ ) nas folhas do cafeeiro, sendo a primeira em dezembro de 2012 e a segunda em janeiro de 2013. Foram realizadas 3 aplicações de inseticidas + fungicidas para as culturas entre linhas (feijão, milho, mucuna-anã e milheto), utilizando os produtos misturados nas seguintes proporções: Derosal® (600 mL  $ha^{-1}$ ), Ampligo® (100 mL  $ha^{-1}$ ) e Engeo Pleno® (250 mL  $ha^{-1}$ ), sendo a primeira e a segunda realizadas em dezembro de 2012 e a terceira em janeiro de 2013. As aplicações de inseticidas e fungicidas foram realizadas com bomba costal.

As variáveis analisadas foram:

Café: foram realizadas duas amostragens foliares, uma antes da instalação do experimento (20 de outubro de 2012 - Tabela 3.4) e outra após (22 de abril de 2013) a colheita das plantas entre linhas, como pode ser visualizado na Figura 3.3. Para amostragem de tecido vegetal, foi coletado uma amostra foliar formada por quatro pares da terceira folha a partir da ponta/planta útil, coletadas nos quatro pontos cardeais, em ramos produtivos, na porção mediana do cafeeiro, segundo Malavolta et al., (1997). O material coletado foi analisado quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974).

**Tabela 3.4** - Teores foliares iniciais de macronutrientes ( $g\ kg^{-1}$ ) e micronutrientes ( $mg\ kg^{-1}$ ) para o cafeeiro - Cândido Mota/SP (2012).

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
-----g $kg^{-1}$ -----						-----mg $kg^{-1}$ -----				
25,00	1,07	12,40	14,50	6,50	1,61	14,00	286,00	12,50	187,00	40,57



**Figura 3.3** - Amostragem foliar, antes da instalação dos tratamentos

A colheita foi realizada quando as plantas de café estavam com mais de 50% dos frutos maduros (“cereja”), nas plantas que estavam localizadas na área útil das parcelas, por meio da máquina derrçadora de café (Figura 3.4) e corrigido a 11% de umidade para avaliação de produtividade entre os tratamentos realizados nas entre linhas.



**Figura 3.4** - Colheita do café com máquina derrçadora

Feijão: 75 dias após a semeadura (DAS), foram coletadas 10 plantas ao acaso, manualmente, da área útil das parcelas para determinação de: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e os grãos foram corrigidos para 13 % de umidade e pesados para obtenção da produtividade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Mucuna-anã: foram colhidas manualmente duas linhas de três metros lineares da área útil de cada parcela, antes do florescimento (105 DAS), cortando as plantas rente ao solo, para obtenção da massa fresca e massa seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da parte aérea. As plantas foram secas em estufa de circulação de ar fechada a  $65^\circ\text{C}$  por 48 h e pesadas em balança de precisão.

Milho: 165 DAS, foram amostradas 10 plantas ao acaso da área útil das parcelas e todas as espigas destas plantas foram colhidas e realizado a trilha manualmente, a umidade foi corrigida para 13 % para obtenção da produtividade em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

Milheto: foi colhido manualmente uma área de  $3\text{ m}^2$  da área útil das parcelas antes do florescimento (105 DAS), cortando as plantas rente ao solo, para obtenção da massa fresca e massa seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da parte aérea. As plantas foram secas em estufa de circulação de ar fechada a  $65^\circ\text{C}$  por 48 h e pesadas em balança de precisão.

Os dados foram comparados pela análise de variância, avaliados como blocos ao acaso, utilizando o teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade e o software utilizado foi o SASM-Agri.

### **3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 3.5 estão apresentados os resultados da análise foliar dos macronutrientes do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas, observa-se que para os nutrientes potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não houve diferenças estatísticas, já para os elementos nitrogênio (N) fósforo (P) e enxofre (S) houve diferenças estatísticas significativas.

Para os teores foliares de nitrogênio, pode-se observar que o café manejado nas suas entre linhas com a cultura do feijão, foi obtido o maior teor de nitrogênio, embora estatisticamente só tenha diferido dos tratamentos de torta de

filtro e milheto. A utilização de mucuna-anã, assim como do feijoeiro, em consórcio com o café resultou em teores elevados de N foliares, uma possível explicação para este fato pode ser devido às culturas leguminosas serem eficazes fornecedoras de nitrogênio devido a sua capacidade de se associar às bactérias do gênero *Rhizobium* e absorver nitrogênio do ar que se encontra no solo no processo de fixação biológica de nitrogênio.

**Tabela 3.5** - Teores foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de macronutrientes do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas - Cândido Mota/SP (2013).

Manejo nas entre linhas	N	P	K	Ca	Mg	S
	$\text{g kg}^{-1}$					
Testemunha com capina	24,98 ab	1,15 a	7,48	17,62	8,25	1,44 d
Testemunha sem capina	24,16 ab	1,10 a	8,50	18,45	8,18	1,75 b
Torta de filtro	23,05 b	1,12 a	8,05	19,70	9,42	2,06 a
Feijão	25,50 a	1,10 a	9,95	17,02	8,20	1,51 cd
Mucuna-anã	24,80 ab	1,14 a	7,82	18,38	9,15	1,64 bc
Milho	23,57 ab	1,07 a	7,88	17,52	10,22	1,80 b
Milheto	23,00 b	0,93 b	6,82	17,82	8,85	1,78 b
C.V. (%)	5,36	8,29	24,82	9,59	14,90	6,67
F	2,32*	2,74*	0,95 ns	1,01 ns	1,34 ns	13,21*

\* significativo a 5% do teste F. ns = não significativo. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. Média de 4 repetições.

Esses resultados estão de acordo com (Partelli et al., 2009; Paulino et al., 2009; Silva et al., 2009; Souza et al., 2012a), pois segundo esses autores as leguminosas, de modo geral, são as plantas preferidas para a formação da matéria orgânica do solo em virtude da grande massa produzida por unidade de área, da sua riqueza em elementos minerais, do seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, da capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, da possibilidade de aproveitamento do nitrogênio atmosférico.

O plantio de culturas utilizadas como adubos verdes, consorciadas com as de interesse econômico, como por exemplo, o café, é desejável na propriedade rural sob vários aspectos técnicos, em especial, as fixadoras de nitrogênio, pois nos sistemas produtivos elas irão aumentar a disponibilidade e reciclagem de nutrientes, reduzir efeitos de estresses abióticos, proteger o solo contra a erosão, melhorar infiltração de água e incrementar a biodiversidade dentro da propriedade, reforçaram os estudos de (Wutke et al., 2009).

Ainda quanto aos teores foliares de nitrogênio no cafeeiro, os menores valores foram encontrados nas parcelas onde o café foi consorciado com o

milheto e torta de filtro. No caso do milheto, isto pode ter sido atribuído pelo grande acúmulo de massa fresca e seca da cultura, como pode ser observado na Tabela 3.8, e por ser uma gramínea que tem alta relação C/N.

Esta alta relação C/N, pode ter contribuído para o baixo valor de N encontrado na cultura do café, já que a amostragem foi feita cerca de dois meses após o corte/retirada das plantas intercalares. Kliemann et al. (2006) e Teixeira et al. (2011), estudando milheto chegaram a mesma conclusão.

Kliemann et al. (2006), trabalhando com milheto, a definiu como sendo um exemplo clássico de planta de cobertura, pois apresenta relação C/N de 30/1 ou maior nas fases de emborrachamento e florescimento, período coincidente com o manejo utilizado neste experimento.

Teixeira et al. (2011), estudando a decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de milheto e sorgo, constataram que o milheto apresenta menor taxa de decomposição de biomassa, sendo mais favorável para utilização como planta de cobertura e recicladora de nutrientes em ambiente tropical, assim o milheto pode não ter contribuído imediatamente para o aumento do teor foliar de nitrogênio para a cultura do cafeeiro, porém poderá ter reflexos na qualidade física, química e biológica do solo a médio e longo prazo.

Partelli et al. (2009), estudando os efeitos dos tratamentos testemunha (sem plantio de plantas de cobertura), milheto, feijão-de-porco, mucuna-anã e feijão guandu, constataram que a fixação biológica de nitrogênio contribuiu com cerca de 80% do nitrogênio (N) acumulado pelas leguminosas, o que pode explicar os altos teores de N encontrados, neste trabalho, nas folhas dos cafeeiros consorciados com as leguminosas feijão e mucuna-anã em suas entre linhas.

Os baixos teores de nitrogênio foliares no cafeeiro, encontrados com a utilização de torta de filtro (adubo orgânico), podem ser atribuídos à lenta velocidade de liberação dos nutrientes nela contido, no processo de mineralização dos elementos.

Quanto ao teor foliar de fósforo (Tabela 3.5), observa-se que o menor valor foi obtido quando foi cultivado milheto na sua entre linha. Nas parcelas com milho nas entre linhas (apesar de não diferir estatisticamente) apresentou o segundo menor teor foliar, ou seja, o manejo nas entre linhas do cafeeiro com gramíneas não favoreceu o teor foliar de P para a cultura do café. Isso pode ser explicado pelo acúmulo desse elemento nessas plantas conforme estudos

realizados por Teixeira et al. (2011), com a decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de milheto, constataram que o milheto apresentou elevado acúmulo de fósforo e potássio foliares.

Este fato pode ser uma explicação para o baixo valor de P encontrado nas folhas dos cafeeiros consorciados com milheto; pois o milheto pode ter absorvido grandes quantidades de P e exercido forte concorrência pela absorção deste nutriente que possui baixa mobilidade no solo (Marcolan, 2006), e devido a sua relação C/N ser muito elevada, chegando a mais de 30/1 (Kliemann et al., 2006), esse P absorvido ainda não se encontraria disponível para o cafeeiro no momento da amostragem.

A adubação orgânica com torta de filtro nas entre linhas do cafeeiro favoreceu o teor foliar de enxofre na cultura do café, em contra partida, os valores mais baixos para o enxofre foram encontrados quando o café foi manejado com capinas frequentes em suas entre linhas. Os mais elevados teores de enxofre foliar do cafeeiro, obtido pela aplicação de torta de filtro, pode ser atribuída a sua composição química média (Raij et al., 1997), como pode ser observado na Tabela 3.3. Além do que, pode ter ocorrido também devido o S presente na torta-de-filtro já encontrar-se na forma inorgânica (sulfitos e sulfatos), não dependendo da sua decomposição para liberação deste elemento para o solo.

Teores dos micronutrientes foliares do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas estão apresentados na Tabela 3.6, onde se pode observar que para os nutrientes zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) não houve diferenças estatísticas significativas, entretanto, os teores foliares de boro (B) encontrados diferiram estatisticamente.

O teor foliar de boro na cultura do cafeeiro foi maior quando, este foi manejado com torta de filtro nas entre linhas, e estatisticamente diferente quando nas entre linhas do cafeeiro foram cultivadas as leguminosas (feijão e mucuna-anã) e o milho. Isto pode ser explicado por serem as leguminosas, de modo geral, grandes extratoras de B (Gupta et al., 1995), enfatizado por (Dechen et al., 1991), onde os autores afirmam que em geral, todas as dicotiledôneas requerem altas quantidades de boro em relação às monocotiledôneas.

A torta de filtro possui alto teor de boro (mais de 200 mg kg<sup>-1</sup>), segundo (Adorna, 2011), se comparada a outras fontes orgânicas, podendo ser

possivelmente, uma adubação orgânica interessante como fonte de boro, para a cultura do cafeeiro, em solo como da área experimental.

**Tabela 3.6** - Teores foliares ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de micronutrientes do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas - Cândido Mota/SP (2013).

Manejo nas entre linhas	Zn	Fe	Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Mn	B
Testemunha com capina	11,50	129,50	14,50	129,00	61,32 abc
Testemunha sem capina	13,25	137,00	13,75	147,25	65,85 ab
Torta de filtro	11,75	126,50	15,50	130,75	70,74 a
Feijão	14,00	124,75	16,25	121,50	51,92 c
Mucuna-anã	15,00	116,75	16,25	119,75	60,04 bc
Milho	13,00	141,75	17,75	139,25	57,16 bc
Milheto	12,25	139,25	15,25	134,25	63,37 ab
C.V. (%)	18,89	20,35	18,10	17,53	10,61
F	1,05 ns	0,46 ns	0,85 ns	0,70 ns	3,45 *

\* significativo a 5% do teste F. ns = não significativo. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. Média de 4 repetições.

O resultado da produtividade do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas está apresentado na Tabela 3.7, sendo possível observar que para o cafeeiro que foi conduzido com mucuna-anã obteve-se a maior produtividade, não diferindo estatisticamente da torta de filtro e testemunha sem capina. O menor valor foi observado na parcela em que o café estava consorciado com milho e milheto, seguido pela testemunha com capina.

**Tabela 3.7** - Produtividade ( $\text{sc ha}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas - Cândido Mota/SP (2013).

Manejo nas entre linhas	Produtividade ( $\text{sc ha}^{-1}$ )	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
<b>Média safras 2010 a 2012</b>	<b>10,20</b>	<b>612,00</b>
Testemunha com capina	28,19 cd	1.691,67 cd
Testemunha sem capina	32,89 abc	1.973,61 abc
Torta de filtro	35,85 ab	2.150,83 ab
Feijão	31,08 bc	1.864,86 bc
Mucuna-anã	37,02 a	2.221,32 a
Milho	21,08 e	1.264,72 e
Milheto	24,90 de	1.494,31 de
C.V. (%)		10,77
F		12,77 *

\* significativo a 5% do teste F. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. Média de 4 repetições.

As maiores produtividades obtidas pelo cultivo nas entre linhas com a mucuna-anã, por exemplo, pode ser atribuída ao porte baixo da cultura e por ser

uma leguminosa capaz de fixar nitrogênio do ar ( $76 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), segundo Costa et al. (1993), em associação com as bactérias do gênero *Rhizobium*. Resultados semelhantes foram obtidos por Bergo et al. (2006), trabalhando com feijão-de-porco, feijão guandú, mucuna preta, flemingia e testemunha consorciadas na cultura do café, verificaram que as maiores produtividades do cafeeiro foram obtidas quando consorciados com flemingia ( $576 \text{ kg ha}^{-1}$  de café beneficiado) e mucuna preta ( $414 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em comparação com a testemunha ( $276 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Por outro lado, diferem de (Santos et al., 2011b) e (Santos et al., 2011c) que não constataram incremento na produtividade com a consorciação do cafeeiro com adubos verdes (leguminosas) quando comparado a testemunha capinada (sem consórcio).

A alta produtividade do cafeeiro obtida aplicando a torta de filtro em suas entre linhas, pode ser explicado por este composto orgânico conter além de elevados teores de carbono orgânico, em média  $80 \text{ g kg}^{-1}$  (Raij et al., 1997), elementos essenciais às plantas como fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e micronutrientes, podendo ser utilizada em parte para substituir fertilizantes minerais (Nunes Junior, 2008; Santos et al., 2011a; Almeida Júnior et al., 2011) e melhorar física, química e biologicamente o solo, com reflexos no desenvolvimento e produtividade das culturas. Isso é reforçado por Rossetto et al. (2008), salientando que a torta de filtro pode desempenhar papel fundamental na produção agrícola e nos solos, na manutenção da fertilidade e nos atributos físicos.

Trabalhos que concordam com os resultados obtidos nesta pesquisa estão em Fidalski e Chaves (2010), que estudando o efeito de vários adubos verdes (mucuna-cinza, feijão guandu, leucena, amendoim forrageiro e braquiária e sorgo forrageiro) e adubos orgânicos constataram que o café obteve maiores produtividades nos tratamentos com torta de filtro, leucina e mucuna-cinza ( $574$ ,  $269$  e  $208 \text{ kg ha}^{-1}$  de café beneficiado) quando comparada com a testemunha (limpo).

A torta de filtro é um subproduto da indústria canavieira, gerado em grande volume (30 a 40 kg por tonelada de cana moída) (Tolfo et al., 2013), por isso a utilização de torta de filtro para adubação orgânica de cafeeiros além de ser uma ótima alternativa de substituir ou complementar a adubação mineral.

A produtividade da parcela com testemunha sem capina também não diferiu estatisticamente dos tratamentos com mucunã-anã e torta de filtro, este fato pode ser explicado pela contribuição deste tratamento nas propriedades físicas

do solo (diferentes sistemas radiculares) e pela menor concorrência exercida (porte baixo).

A menor produtividade alcançada pelo cafeeiro quando consorciado com as gramíneas (milho e milheto) pode ser explicada pelo porte alto destas culturas provocando sombreamento nas plantas de café. O grande acúmulo de massa fresca e seca da cultura do milheto e a alta produtividade do milho, como podem ser observados na Tabela 3.8, podem ser um indicativo da alta competitividade destas culturas por nutrientes com o cafeeiro.

Os resultados obtidos neste trabalho com as gramíneas corroboram com os de Chaves e Guerreiro (1989) e com os de Paulo et al. (2004), que também observaram que a produção e o crescimento do cafeeiro foram diminuídos pela cultura de milho. As plantas de porte alto, além de acumularem maior quantidade de fitomassa, também projetam sobre os cafeeiros maior área de sombra que as de porte baixo, inibindo a formação de gemas florais no cafeeiro, o que reforça os estudos de (Rena e Maestri, 1987).

Jaramillo-Botero et al. (2010), também observaram que o sombreamento excessivo prejudica a produtividade do cafeeiro, fato que ocorreu quando foi cultivado as culturas de milho e milheto em consorciação com o café, que diminuíram a produtividade dos cafeeiros.

Assim como para os teores nutricionais das folhas de cafeeiro, o manejo nas entre linhas com capina, resultou em baixas produtividades, isto pode ser explicado pelo fato do solo exposto ficar mais susceptível às intempéries climáticas, o que poderia levar a processos erosivos de forma laminar, por exemplo, além de perder água mais rapidamente, isso também influi na agregação e na quantidade de microrganismos no solo (tão importante, por exemplo, para a mineralização de nutrientes), além de não haver ciclagem de nutrientes.

Na Tabela 3.8, estão expressos os valores médios da massa fresca e massa seca para a mucuna-anã e milheto; e da produtividade para as culturas (feijão e milho) plantadas nas entre linhas do cafezal.

Os valores de produtividade encontrados para a cultura do feijão são considerados bem acima da média do Estado de São Paulo, que é de aproximadamente 2.000 Mg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2013b), para a cultura do milho o valor encontrado (Tabela 3.8) equivale a 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, que também é uma produtividade alta comparada à média nacional.

**Tabela 3.8** - Massa fresca e seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da mucuna-anã e do milho, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade do feijão e produtividade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) do milho - Cândido Mota/SP (2013).

<b>Mucuna-anã</b> ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )		<b>Milho</b> ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )		<b>Feijão</b>		<b>Milho</b>	
<b>Massa fresca</b>	<b>Massa seca</b>	<b>Massa fresca</b>	<b>Massa seca</b>	<b>Vagens /planta</b>	<b>Grãos /vagem</b>	<b>Produtividade (<math>\text{Mg ha}^{-1}</math>)</b>	
16,47	2,29	30,38	7,03	35,95	6,08	4,42	8,01

\* Média de 4 repetições.

Essas altas produtividades conseguidas nas culturas intercalares podem ter contribuído para a baixa produção da cultura do café, principalmente quando a entrelinha foi manejada com a cultura do milho que reduziu em 25,22% a produtividade do cafeeiro em relação à testemunha com capina.

Rezende et al. (2000), estudando café em consorciação com a soja, concluiu que a produtividade de cafeeiros Catuaí vermelho diminuiu em até 42% em relação à testemunha.

Os resultados expressos na Tabela 3.8, podem explicar a diferença de produtividade nos cafeeiros consorciados com feijão e mucuna-anã em suas entre linhas, apesar de ambas serem leguminosas. A alta produtividade de grãos alcançada pelo feijoeiro pode ter interferido na produção do café, fato que não ocorreu quando este foi consorciado com mucuna-anã, que foi retirada no início do florescimento.

### 3.5 CONCLUSÕES

A produtividade do café foi maior quando manejado com mucuna-anã, seguido por torta de filtro e testemunha sem capina nas suas entre linhas.

Os teores de nitrogênio foliar na cultura do café foram maiores quando manejados com leguminosas em suas entre linhas.

Os maiores teores de S e B foliares foram encontrados no tratamento com torta de filtro.

Os menores teores nutricionais foliares e produtividade na cultura do café foram obtidos quando consorciado com as culturas de milho e milho em suas entre linhas.

## 4 ARTIGO B: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS

### 4.1 RESUMO E ABSTRACT

**RESUMO:** O manejo nas entre linhas do cafeeiro ajuda a proteger o solo, mantendo-o coberto, promovendo melhorias nos atributos físicos do solo, podendo influenciar no aumento da produtividade do cafeeiro. Com objetivo de avaliar os atributos físicos do solo e a produtividade do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas, foi instalado um experimento na Fazenda Santa Rosa em Latossolo Vermelho eutroférico, no município de Cândido Mota/SP, com o cv. de café IAPAR 59 em espaçamento de 3,5 x 1,0 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: TC (testemunha com capina), TSC (testemunha sem capina), TF (torta de filtro), FE (feijão), MU (mucuna-anã) MI (milho) e MTO (milheto), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 metros de comprimento por 14 metros de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas das extremidades de cada parcela, perfazendo uma população de 12 plantas. Após a colheita/retirada dos tratamentos das entre linhas do cafeeiro foram determinados macro e microporosidade, porosidade total, densidade do solo, estabilidade de agregados, resistência do solo à penetração e a produtividade do cafeeiro. Os resultados permitiram concluir que as maiores produtividades do cafeeiro obtidas nos manejos utilizando mucuna-anã, torta de filtro e testemunha sem capina esteve associado às melhorias nos atributos físicos do solo no período experimental.

**Palavras-chave:** Adubos verdes. *Coffea arabica* L. Consorciação.

**ABSTRACT:** The management between rows of coffee trees helps protect the soil, keeping it covered, providing improvements in soil physical attributes and this can influence in the increase of productivity of coffee tree. Aiming to evaluate the soil physical attributes and productivity of coffee tree as function of handling between rows, an experiment was installed in the Santa Rosa farm, in eutroferric Red Latosol, in the city of Cândido Mota/SP, with cultivar of coffee IAPAR 59 spaced 3.5 x 1.0 m. The experimental design was a randomized block design with 7 treatments applied between rows of coffee: TC (control treatments plus weeding), TSC (control without weeding), TF (filter pie), FE (beans), MU (dwarf mucuna) MI (corn) and MTO (pearl millet), with 4 replicates. The plots consisted of 4 rows between coffee, 8 meters long and 14 meters wide, resulting in a total area of 112 m<sup>2</sup>, being considered the useful area the two between rows centrals, discounting one between row in each side, and excluding the two plants ends in each plot, resulting in a population of 12 plants. After harvesting/withdrawal of treatments between the rows of coffee tree were determined macro and micro porosity, soil density, aggregate stability, resistance soil penetration and productivity of coffee tree. The results allowed concluding that the highest yield of coffee plants obtained by the management utilizing dwarf mucuna, filter pie and control without weeding was associated with improvements in soil physical attributes in the experimental period.

**Key-words:** Green Manure. *Coffea arabica* L. Intercropping.

## 4.2 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto, detendo mais de 25% do mercado mundial de café (Abic, 2013).

Por ser uma cultura em destaque no cenário mundial em relação a questões sociais e ambientais, e o Brasil ser o maior exportador mundial, a cafeicultura brasileira tem grande preocupação em garantir uma produção sustentável. O uso de adubos verdes é uma ótima alternativa para preservação do solo, além de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Entre os indicadores físicos de qualidade do solo, Tormena e Roloff (1996), citaram a resistência mecânica do solo, já Karlen e Stott (1994), relacionaram densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, dentre outros. De acordo com Torres e Saraiva (1999), a densidade do solo varia de acordo com as suas características: em solos argilosos, varia de 1,00 a 1,45  $\text{Mg m}^{-3}$  para condições de mata e muito compactado, respectivamente.

O uso e o manejo do solo podem alterar a sua densidade e, conseqüentemente, a porosidade total e a aeração (Klein e Libord, 2002). O aumento da densidade do solo pode reduzir o crescimento do sistema radicular das plantas devido ao impedimento físico, assim, valores elevados de densidade implicam em valores baixos de porosidade, indicando condições de compactação e adensamento do solo.

A condução da cultura do cafeeiro geralmente altera as propriedades físicas do solo, efeito, principalmente do controle mecanizado de plantas invasoras, comprometendo o sistema produtivo e sua sustentabilidade.

O uso de culturas nas entre linhas cafeeiras pode ser uma alternativa para o controle de plantas invasoras como já estudaram Paulo et al. (2001) e Souza et al. (2006), além do que a presença de vegetação cobrindo o solo protege do impacto direto das gotas d'água das chuvas e, conseqüentemente, da erosão, aumentando a infiltração e capacidade de retenção de água dos solos, a porosidade e a aeração do solo e atenua as oscilações de temperatura e umidade, intensificando a atividade biológica.

As alterações estruturais decorrentes do manejo inadequado também alteram a distribuição de tamanho e continuidade de poros (Oliveira et al., 2004) e modificam, conseqüentemente, a dinâmica da água no solo relacionada à infiltração e recarga do lençol freático (Reichert et al., 2007). Como resultado, o solo perde sua capacidade produtiva e tem a susceptibilidade à erosão aumentada, podendo desencadear perdas irreversíveis ao ambiente.

O cultivo consorciado de café com outras culturas como milho, milheto, mucuna-anã e feijão pode gerar aumento de renda ao produtor na entressafra da cultura e nos anos de ciclo de baixa bienalidade, aumentando a sua qualidade de vida e de sua família, além de gerar mais empregos. A consorciação também pode representar redução nos custos de produção, devido à diminuição dos custos com adubação e da não necessidade de se fazer o controle de plantas invasoras.

Este trabalho objetivou o estudo de adubação orgânica e o plantio de adubos verdes e culturas comerciais consorciadas com o café (*Coffea arabica* L.), visando à melhoria nos atributos físicos do solo e aumento da produtividade do cafeeiro.

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, pertencente ao município de Cândido Mota, localizado no sudoeste do estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 50° 23' oeste e 22° 44' sul e altitude média de 479 metros. Clima mesotérmico com temperatura média anual de 22,4°C, e precipitação média anual de 1.450 mm segundo a classificação climática de Köppen. O solo é classificado, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, como Latossolo Vermelho eutroférico (LVef), segundo (Embrapa, 2006).

A cultura utilizada foi o café, cv. IAPAR 59 (Figura 4.1) com histórico de cultivo desde 2010 (primeiro ano de produção), sendo conduzido no espaçamento de 3,5 m x 1,0 m, com manejo de adubação de 17 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e duas adubações minerais anuais em cobertura com a

fórmula NPK (04-11-18) realizadas: uma na primavera utilizando 300 g planta<sup>-1</sup> de café e outra no verão de 200 g planta<sup>-1</sup> de café. O controle de plantas invasoras é realizado com capinas manual e/ou mecânica por meio do uso de roçadeira. A produção do cafezal nos anos 2010, 2011 e 2012 está apresentada na Tabela 4.1. Antes da implantação do experimento (setembro de 2012), foram coletadas amostras de solo (5 sub amostras - método de trincheira) para análises químicas, na região das entre linhas do cafeeiro, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm e granulométrica (0-20 cm), e os resultados estão expressos na Tabela 4.2.

**Tabela 4.1** - Produtividade do café cv. IAPAR 59 nas safras de 2010 a 2012, na Fazenda Santa Rosa - Cândido Mota/SP (2012).

Ano Agrícola	2010	2011	2012
Produtividade – café beneficiado (kg ha <sup>-1</sup> )	622,2	588	625,8

**Tabela 4.2** - Análise química e granulométrica do Latossolo Vermelho eutroférico do local do experimento - Cândido Mota/SP (2012).

Prof. cm	pH	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	S mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
	CaCl <sub>2</sub>				-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
0-10	5,5	28,2	13,9	8,4	0,64	9,7	2,1	0,0	3,54	12,4	16,0
10-20	5,3	22,8	5,3	10,2	0,41	8,5	2,3	0,0	4,77	11,2	16,0
20-40	5,5	18,8	3,2	7,6	0,15	6,0	2,1	0,0	3,67	8,3	11,9
Prof. cm	m %	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Granulometria (0-20 cm)			
			-----mg dm <sup>-3</sup> -----				g kg <sup>-1</sup>				
0-10	0,0	77,8	0,5	29,2	28,3	171,4	8,1	Areia	Silte	Argila	
10-20	0,0	70,2	0,7	30,5	33,5	138,8	6,1	30	180	790	
20-40	0,0	69,2	0,6	25,7	42,1	73,3	2,9	3%	18%	79%	

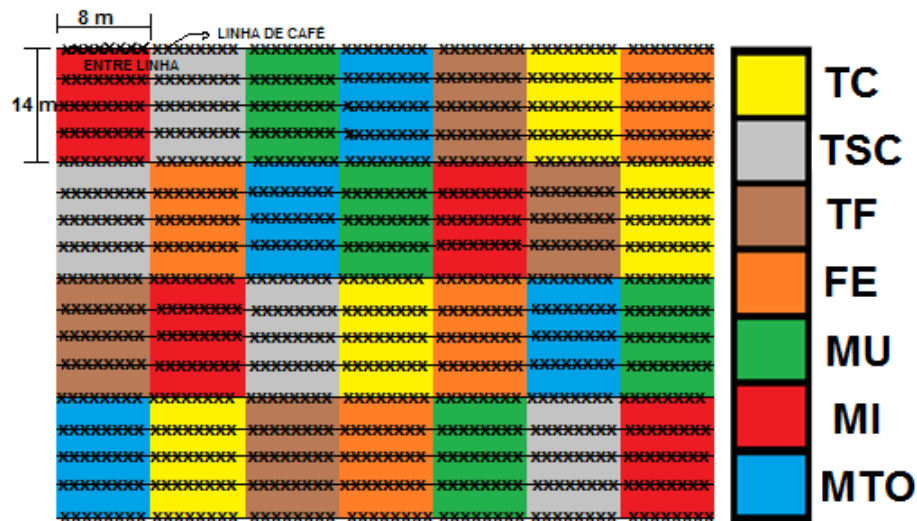
\* P = extrator Mehlich-1.



**Figura 4.1** - Aspecto geral da cultura do café na área experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: TC (testemunha com capina manual), TSC (testemunha sem capina), TF (adubação orgânica com torta de filtro), FE (consórcio com feijão - *Phaseolus vulgaris*), MU (consórcio com mucuna-anã - *Mucuna deeringiana*), MI (consórcio com milho - *Zea mays*) e MTO (consórcio com milheto - *Pennisetum glaucum*), com 4 repetições, seguindo o croqui apresentado na Figura 4.2.

As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 m de comprimento por 14 m de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas de café das extremidades de cada parcela, perfazendo uma área útil nas entre linhas de 28 m<sup>2</sup> e 12 plantas de café por parcela.



**Figura 4.2** - Croqui da distribuição dos manejos na área experimental

A adubação de manutenção da cultura do café no quarto ano de produção foi dividida em duas aplicações realizadas na primavera e verão, nas doses: 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para cada aplicação, nas fontes uréia e cloreto de potássio.

A adubação de semeadura e o plantio das culturas nas entre linhas foram realizadas em outubro de 2012, sendo implantados seguindo os tratamentos:

TC (testemunha com capina manual) a cultura foi mantida no limpo por meio de capina manual, realizada sempre que necessário.

TSC (testemunha sem capina) não se efetuou nenhum controle para plantas invasoras nesta área; sendo encontrados picão branco (*Galinsoga parviflora*), picão preto (*Bidens pilosa*), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), trapoeraba (*Commelina erecta*), voadeira ou buva (*Conyza canadenses* L.), caruru (*Amaranthus viridis* L.), mentruz (*Coronopus didymus*), capim amargoso (*Digitaria insularis*).

TF (adubação orgânica com torta de filtro): foi aplicado à lanço e sem incorporação 10 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro por parcela proveniente da usina NovAmérica - Raízen, que possui características químico-físicas média, segundo o Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997), (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3** - Composição química média para torta de filtro na base úmida.

C/N	Umidade	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu
----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----									(mg kg <sup>-1</sup> )	
27	770	80	3	2	0,6	5	0,8	3	20	13

Fonte: Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997).

FE (consórcio com feijão) utilizou-se a cultivar IPR-139 (Juriti Branco), semeado com espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 12 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 5 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 1,5 a 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de feijão, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Foram aplicados: 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

MU (consórcio com mucuna-anã) foi semeada em espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 8 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 4 linhas de plantio por entre linhas. Neste manejo não houve adubação e calagem, seguindo (Alcântara et al., 2005).

MI (consórcio com milho) foi semeado em espaçamento de 0,90 m nas entre linhas e com 5 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 3 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 6 a 8 Mg ha<sup>-1</sup> de milho, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Assim, foram aplicados: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

MTO (consórcio com milheto) foi plantado à lanço com uma densidade de sementeira de  $6,7 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esta cultura destinou-se apenas a adubação verde. Utilizou-se  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na adubação de sementeira (Embrapa, 2003).

Os adubos utilizados foram uréia (45% de N), super fosfato simples (20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $\text{K}_2\text{O}$ ), aplicados manualmente. Em nenhum dos tratamentos houve necessidade de calagem; e para determinação da adubação fosfatada foi utilizada a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999).

Visando o combate de pragas, principalmente o bicho mineiro, aplicou-se duas vezes o inseticida Altacor<sup>®</sup> ( $90 \text{ g ha}^{-1}$ ) com óleo mineral Joint Oil<sup>®</sup> ( $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ ) nas folhas do cafeeiro, sendo a primeira em dezembro de 2012 e a segunda em janeiro de 2013. Foram realizadas 3 aplicações de inseticidas + fungicidas para as culturas entre linhas (feijão, milho, mucuna-anã e milheto), utilizando os produtos misturados nas seguintes proporções: Derosal<sup>®</sup> ( $600 \text{ mL ha}^{-1}$ ), Ampligo<sup>®</sup> ( $100 \text{ mL ha}^{-1}$ ) e Engeo Pleno<sup>®</sup> ( $250 \text{ mL ha}^{-1}$ ), sendo a primeira e a segunda realizadas em dezembro de 2012 e a terceira em janeiro de 2013. As aplicações de inseticidas e fungicidas foram realizadas com bomba costal.

Amostras de solo para análise da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade de solo foram retiradas com anel volumétrico e amostras deformadas para realizar a granulometria e classe de tamanho de agregados foram coletadas nas entre linhas do cafeeiro por ocasião da implantação do experimento (setembro de 2012), nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em 3 repetições, e em área adjacente, sob condições de mata nativa, foram retiradas amostras nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, submetendo-as as mesmas condições, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 4.4 e 4.5. Também foi analisado com o penetrômetro de impacto a resistência do solo à penetração (RP) em 3 repetições (Figura 4.3).

Outra amostragem nas mesmas profundidades foi realizada em abril de 2013, após a colheita/retirada dos manejos nas entre linhas do cafeeiro.

Nas amostragens por parcela, e conforme Embrapa (1997), foram realizadas as análises de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, pelo método do anel volumétrico determinados na mesa de tensão e a classe de tamanho de agregados pela via seca, por tamisação.

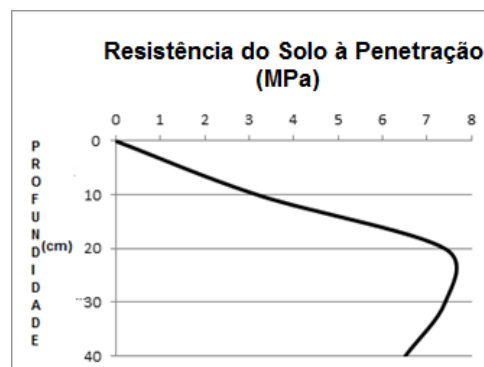
Foi determinada a resistência do solo à penetração (RP) com o penetrômetro de impacto, em três pontos por parcela, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, segundo metodologia descrita por Stolf (1991).

**Tabela 4.4** - Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, iniciais, nas entre linhas da cultura do cafeeiro e na mata nativa - Cândido Mota/SP (2012).

Inicial Prof. (cm)	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )
	-----( $m^3 m^{-3}$ )-----			
0-10	0,10	0,50	0,60	1,16
10-20	0,10	0,46	0,56	1,17
20-40	0,14	0,45	0,59	1,05
Mata (cm)	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )
	-----( $m^3 m^{-3}$ )-----			
0-10	0,19	0,37	0,56	1,01
10-20	0,15	0,38	0,53	1,19

**Tabela 4.5** - Percentagem inicial de classe de diâmetro de agregados nas entre linhas da cultura do cafeeiro e na mata nativa - Cândido Mota/SP (2012).

Classe de diâmetro de agregados (mm) na profundidade 0 - 10 cm					
Trat.	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-fundo
	(%)				
Mata	32,06	25,49	26,41	11,46	4,58
Inicial	12,56	26,70	32,21	17,98	10,55
Classe de diâmetro de agregados (mm) na profundidade 10 - 20 cm					
Mata	27,69	24,3	23,68	14,2	10,13
Inicial	21,36	33,89	27,50	12,68	4,57
Classe de diâmetro de agregados (mm) na profundidade 20 - 40 cm					
inicial	27,56	26,42	24,42	15,63	5,97



**FIGURA 4.3** - Resistência do solo à penetração (MPa), no início do experimento, nas entre linhas da cultura do cafeeiro

Para a produtividade do cafeeiro, a colheita foi realizada quando as plantas estavam com mais de 50% dos frutos maduros (“cereja”), sendo colhidas as plantas que estavam localizadas na área útil das parcelas, por meio da máquina derrçadora (Figura 4.4), e a produtividade corrigida a 11% de umidade.



**Figura 4.4** - Colheita do café com máquina derrçadora

Os dados foram comparados pela análise de variância, avaliados como blocos ao acaso, utilizando o teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade. O software utilizado foi o SASM-Agri.

#### **4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados de macroporosidade, microposidade, porosidade total e densidade do solo para as profundidades de amostragem de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, estão apresentados na Tabela 4.6, onde se pode observar que os diferentes manejos adotados nas entre linhas do cafeeiro resultaram em diferenças estatísticas significativas para todos os atributos físicos do solo, descritos nesta tabela.

A análise dos atributos físicos do solo é um indicador importante da sustentabilidade nos diferentes tipos de uso das terras. A porosidade do solo e a relação entre macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para avaliação da influência da textura e da estrutura do solo na disponibilidade de água (Salume et al., 2013), de nutrientes e, conseqüentemente, de produtividade das culturas.

#### **4.4.1 Macroporosidade para a profundidade de 0-10 cm**

Observa-se que a macroporosidade foi estatisticamente menor nos manejos testemunha com capina, torta de filtro e feijão, se comparado aos demais manejos.

As menores macroporosidades obtidas podem ser comparadas as iniciais (Tabela 4.4), ou seja, o manejo testemunha com capina, com torta de filtro e com o cultivo de feijão, não alteraram a macroporosidade do solo na camada superficial. Nos manejos testemunha com capina e torta de filtro, isso pode ser atribuído ao não movimento do solo, já que não foram cultivados, assim o solo não recebeu interferência das práticas de cultivo, como preparo do solo, adubações, aplicação de inseticida, fungicida e colheita.

Estes resultados indicam que a exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuvas podem favorecer a formação do selamento superficial e ocorrer à degradação física, expressa pelo aumento da densidade do solo e resistência mecânica à penetração, e redução da macroporosidade e, conseqüentemente, da taxa de infiltração de água no solo (Lanzanova et al., 2010). Segundo Silva e Kato (1997), o selamento superficial caracteriza-se por uma elevada densidade do solo, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica, além de aumentos nos valores de resistência mecânica do solo medido pela capacidade de suporte de carga do solo (Araújo Júnior et al., 2008). Além desses aspectos negativos, a ausência de vegetação espontânea no solo proporciona grande arraste de partículas o que alcança magnitudes de 232 a 612 vezes mais que em solos sob diferentes sistemas de cultivo e manejo de plantas invasoras, em lavouras cafeeiras (Carvalho et al., 2007b).

**Tabela 4.6** - Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em função dos manejos nas entre linhas do cafeeiro - Cândido Mota/SP (2013).

Manejo nas entre linhas	Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )			Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )			Porosidade Total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )			Densidade do Solo (Mg m <sup>-3</sup> )		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
TC	0,07b	0,10bc	0,10b	0,56a	0,46b	0,46	0,63ab	0,56	0,56	1,12ab	1,16ab	1,27
TSC	0,24a	0,17 <sup>a</sup>	0,18a	0,37d	0,43bc	0,40	0,61ab	0,60	0,58	0,98b	1,19ab	1,08
TF	0,10b	0,15ab	0,11ab	0,50ab	0,46b	0,45	0,60ab	0,61	0,56	1,11ab	1,05b	1,08
FE	0,10b	0,06c	0,09b	0,47abc	0,51a	0,47	0,56b	0,57	0,56	1,20a	1,24a	1,23
UM	0,24a	0,17 <sup>a</sup>	0,13ab	0,39cd	0,42c	0,41	0,63ab	0,59	0,54	1,01b	1,16ab	1,10
MI	0,18a	0,16 <sup>a</sup>	0,14ab	0,42bcd	0,43bc	0,42	0,60ab	0,59	0,56	1,05ab	1,07b	1,06
MTO	0,19a	0,18 <sup>a</sup>	0,12ab	0,47abc	0,42c	0,44	0,66a	0,60	0,56	1,08ab	1,11ab	1,20
C.V. (%)	30,19	22,28	35,30	13,27	4,85	10,60	8,83	6,08	8,02	10,16	7,90	14,95
F	8,05*	7,58*	1,63 *	5,01*	8,55*	1,39ns	1,24*	0,90ns	0,19ns	1,79*	2,22*	1,00ns

\* significativo a 5% do teste F. ns = não significativo. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. TC (testemunha com capina); TSC (testemunha sem capina); TF (torta de filtro); FE (feijão); MU (mucuna-anã); MI (milho); MTO (milheto). Média de 4 repetições.

Resultados semelhantes a estes foram obtidos em experimento conduzidos na cultura do cafeeiro por Alcântara e Ferreira (2000), em um solo manejado com herbicidas de pré-emergência, em que se deixou a superfície do solo sempre no limpo.

No caso do feijoeiro, o sistema radicular do tipo pivotante, não interferiu diretamente na macroporosidade da camada superficial do solo, embora as práticas rotineiras para seu cultivo foram realizadas, sendo que esses resultados podem ser atribuídos ao pouco tempo (75 dias) em que a cultura ficou no solo.

Diferentemente para os maiores valores de macroporosidade, onde a utilização de mucuna-anã e quando o solo foi manejado sem capina (no mato), além da utilização das gramíneas (milho e milheto) resultou no maior valor de macroporosidade, podendo ser atribuído à distribuição do sistema radicular. No manejo testemunha sem capina, isso pode ser atribuído pela diversidade de espécies invasoras que se desenvolveram na área, conseqüentemente, uma diversidade de sistemas radiculares presentes no local, ocupando maior volume de solo. No caso da mucuna-anã que possui um sistema radicular do tipo pivotante, rústico, profundo e bastante ramificado (Silva e Menezes, 2007) pode ter contribuído para o aumento da macroporosidade do solo. As gramíneas (*poaceae*) possuem o sistema radicular fasciculado que agrega as partículas mais facilmente, aumentando assim a macroporosidade.

Os maiores valores de macroporosidade nos manejos mucuna-anã, testemunha sem capina, milho e milheto podem ser justificados pela formação de bioporos após a decomposição das raízes das plantas espontâneas e das culturas cultivadas, conforme relatado por (Williams e Weil, 2004). A semelhança da macroporosidade entre os sistemas de manejo citados pode ser justificada também pela formação da cobertura morta sobre o solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Centurion et al. (2007), quando trabalharam com canaviais de diferentes anos de cultivo, e observaram que com o passar dos anos a macroporosidade tende a diminuir e a microporosidade a aumentar. Segundo Carvalho et al. (1991), o atributo físico do solo mais afetado pelo contínuo cultivo de cana-de-açúcar é a macroporosidade.

Outro fator que pode ter contribuído para os resultados deste trabalho é explicado por Kiehl (1979), que afirma que o uso de resíduos orgânicos no solo provoca intensa atividade de microrganismos, os quais agem como

cimentantes das partículas, pelos seus micélios ou pelas substâncias viscosas produzidas, efeito este verificado neste trabalho.

#### **4.4.2 Microporosidade para a profundidade de 0-10 cm**

Os resultados de microporosidade na profundidade de 0-10 cm em função do manejo das entre linhas do cafeeiro (Tabela 4.6), mostraram coerência estatística entre os dados de macroporosidade, ou seja, quando houve menor valor da macroporosidade houve maior de microporosidade, excetuando quando nas entre linhas foi cultivado o milho, possivelmente por influência do sistema radicular dessa cultura, apesar de que o mesmo não foi quantificado, mas que é comprovado pela influência na porosidade total, que inicialmente era de  $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Tabela 4.4).

De acordo com os estudos de Gonçalves et al. (2006), a cultura do milho apresentou maior densidade e massa seca de raiz em relação a outras culturas de adubação verde (amaranto, capim pé-de-galinha e kenaf), e isso é mais evidenciado quanto mais compactado for o solo, mostrando que é uma ótima alternativa para descompactação de solos.

#### **4.4.3 Porosidade total para a profundidade de 0-10 cm**

A porosidade total na camada superficial, estatisticamente, diferiu apenas dos cultivos do feijão e do milho, as demais foram iguais ou superiores a porosidade total inicialmente obtida no experimento.

Segundo Embrapa (2003) e Alvarenga et al. (2001), o milho tem sistema radicular fasciculado e profundo, podendo alcançar mais de 2 metros, podendo chegar a  $70 \text{ Mg ha}^{-1}$  de massa fresca, essa expressiva quantidade de raízes e sua profundidade podem ter contribuído para a maior porosidade total.

O cultivo do feijão nas entre linhas do cafeeiro, proporcionou o menor valor para porosidade total e maior valor para densidade do solo. Observa-se o comportamento antagônico entre as variáveis porosidade total e densidade do solo, o que evidencia a relação indireta entre elas, em que os maiores valores de densidade do solo correspondem aos menores valores de porosidade total.

#### **4.4.4 Densidade do solo para a profundidade de 0-10 cm**

Dentre as características físicas do solo que são afetadas pelo manejo, pode-se destacar a densidade do solo, e isso pode ser verificado na Tabela 4.6, em que o manejo nas entre linhas do cafeeiro com mucuna-anã e a testemunha sem capina obtiveram os menores valores, diferindo estatisticamente, do cultivo com feijoeiro. Excetuando o cultivo do feijoeiro, todos os demais manejos apresentaram uma densidade do solo inferior a obtida no início do experimento, reduzindo em casos como a cultura mantida sem capina, em mais de 15% a densidade do solo, possivelmente pela diversidade de sistemas radiculares das diferentes plantas invasoras presentes na área no período experimental.

O manejo nas entre linhas com mucuna-anã resultou numa densidade de solo 13% inferior à densidade de solo obtida inicialmente, já para o manejo das entre linhas com o feijão houve aumento na densidade do solo, porém em apenas 3% do valor inicial, reforçando que valores de  $1,20 \text{ Mg m}^{-3}$ , para densidade de solo com essa classe textural não é considerada prejudicial ao desenvolvimento das culturas.

O manejo de espécies vegetais, mesmo que plantas invasoras, nas entre linhas do cafeeiro contribui para uma melhor qualidade física decorrente, possivelmente, de maiores teores de matéria orgânica (Carmo et al., 2011b) que auxiliam na estabilidade da estrutura do solo (agregados), infiltração, retenção de água e aeração.

Os resultados encontrados por Vargas et al. (2013), afirmaram que o café em sistemas agroflorestais (consorciação) resultaram em valores para densidade do solo menores que para o café sem consorciação, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho, onde a densidade do solo foi menor em todos os manejos em comparação à amostragem inicial, com exceção do manejo com feijão.

Segundo Araujo Junior et al. (2008), o manejo de plantas invasoras por métodos mecânicos é considerado uma das principais atividades que promovem degradação da estrutura do solo, devido à compactação do solo causada pelas operações de controle. Ressalta-se que a área experimental era assim conduzida até a implantação do experimento, desse modo, talvez não tenha sido possível a modificação do solo em apenas uma safra (80 dias) com a cultura do feijão.

Cogo et al. (2011), também observaram maiores valores de densidade do solo para o café solteiro em comparação ao café consorciado na

camada superficial do solo, resultados semelhantes podem ser observados neste trabalho na Tabela 4.6, onde apenas o feijão aumentou os valores de densidade da amostragem inicial.

#### **4.4.5 Macroporosidade para a profundidade de 10-20 cm**

A macroporosidade na camada 10-20 cm (Tabela 4.6) foi estatisticamente significativa para os diferentes manejos adotados nas entre linhas do cafeeiro, onde se observa que os menores valores de macroporosidade foram obtidos para o manejo nas entre linhas com o cultivo do feijoeiro ( $0,06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), embora estatisticamente não seja diferente da testemunha com capina e da torta de filtro. Os demais manejos resultaram nos maiores valores de macroporosidade. Esses resultados estão de acordo com a ação em profundidade do maior volume de sistema radicular das culturas. O aumento na macroporosidade pode ser atribuído ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular o que leva a aproximação das partículas do solo, formando agregados e proporcionando espaços maiores no ambiente avaliado.

O limite de macroporosidade considerado ideal para o crescimento satisfatório do sistema radicular na maioria das plantas, incluindo o café, é  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , (Kiehl, 1979; Gupta e Allmaras, 1987). Todos os manejos encontram-se dentro desta faixa, com exceção do feijão (10-20 cm de profundidade), provavelmente pelo ciclo curto que esta cultura permaneceu no solo, apenas 75 dias, porém foi observado maior valor de microporosidade na cultura do feijão nesta profundidade, indicando a transformação dos macroporos em microporos, efeito semelhante a este também foi observado por (Carmo et al., 2011b).

#### **4.4.6 Microporosidade para a profundidade de 10-20 cm**

A maior microporosidade foi obtida na área manejada com o feijoeiro, as menores foram obtidas com mucuna-anã, milheto, testemunha sem capina e com o milho. Isto pode ter acontecido pelo fato do feijão ter ficado menor tempo no solo, já que o seu ciclo foi menor em comparação aos demais manejos. Para os demais tratamentos (mucuna-anã, milheto, milho e testemunha sem capina)

os sistemas radiculares das plantas podem ter influenciados na melhor agregação e estruturação do solo.

Inversamente ao ocorrido para macroporosidade (10-20 cm), pois a porosidade dos solos geralmente segue uma relação indireta entre macroporos e microporos, ou seja, menor macroporosidade resulta em maior microporosidade, e isso é reforçado por (Kiehl, 1979).

#### **4.4.7 Porosidade total para a profundidade de 10-20 cm**

Para a porosidade total os resultados não diferiram estatisticamente e numericamente são próximos aos do início da instalação experimental. Resultados estes que corroboram com os de Carneiro et al. (2012), que após um ano de cultivo com adubos verdes não observaram diferenças significativas na porosidade total do solo para esta profundidade.

O volume total de poros correlaciona-se, de forma inversa, com a densidade do solo, ou seja, quanto menor a densidade do solo, maiores os valores de volume total de poros (Kiehl, 1979), o que pôde ser observado neste trabalho em todas as profundidades. Ainda de acordo com Kiehl (1979), a porosidade total de um solo ideal para o desenvolvimento das plantas deve ser de no mínimo  $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , ou seja, de 50%. Diante disso, observou-se que os valores de volume total de poros apresentados neste experimento estão todos acima de  $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

#### **4.4.8 Densidade do solo para a profundidade de 10-20 cm**

A densidade do solo que inicialmente era de  $1,17 \text{ Mg m}^{-3}$  (Tabela 4.4) só foi superada na profundidade de 10-20 cm quando nas entre linhas do cafeeiro foi cultivada com a cultura do feijoeiro e com a testemunha sem capina, embora estatisticamente tenha diferido apenas do uso de torta de filtro e quando cultivou-se o milho. Os demais manejos foram inferiores a densidade do solo inicial.

Os resultados encontrados para o manejo das entre linhas do cafeeiro com o cultivo do feijão assemelham-se aos resultados obtidos na profundidade de amostragem de 0-10 cm, tendo, portanto, explicações semelhantes.

O café manejado com torta de filtro teve os maiores valores de porosidade total e, conseqüentemente, o menor valor de densidade.

Observou-se também que todos os manejos aumentaram a densidade do solo em relação à profundidade de 0-10 cm, com exceção da torta de filtro, resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2001) e Martins et al. (2010). Segundo Gomes et al. (1992), a maior densidade do solo encontrada em profundidade pode ser explicada pelas pressões exercidas das camadas superiores sobre as subjacentes, que provocam a compactação, reduzindo a sua porosidade, bem como a movimentação de material de menor granulometria dos horizontes superiores para os inferiores que também concorre para a redução do espaço poroso e aumento da densidade, e isso pode ter ocorrido já que o solo é de classe textural muito argilosa.

#### **4.4.9 Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo para a profundidade de 20-40 cm**

Na profundidade de 20-40 cm apenas a macroporosidade apresentou diferenças estatísticas significativas. Os menores valores de macroporosidade obtidos com o cultivo do feijoeiro e com a testemunha com capina diferiram estatisticamente da cultura manejada sem capina nas entre linhas do cafeeiro. A diversidade de plantas, que ocorreram nesse espaço pode ter contribuído para tais resultados, já que nas demais profundidades amostradas isso também ocorreu.

Matiello et al. (2005), em estudo com mudas de café arábica, em solo de classe granulométrica argilosa, observaram que as raízes foram capazes de ultrapassar camadas de solo com densidades de até  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ , porém entre os valores  $1,20$  a  $1,35 \text{ Mg dm}^{-3}$ , o volume radicular já começa a diminuir.

#### **4.4.10 Classe de diâmetro de agregados para as profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm**

Uma importante característica na melhoria física de um solo, diz respeito à estabilidade de agregados, pois um solo desestruturado está sujeito a inúmeros problemas entre eles a perda de água, nutrientes e erosão. A formação dos agregados do solo ocorre mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos que, por sua vez, atuam por mecanismos próprios, nos quais são

envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização. A estabilidade dos agregados, avaliada pelo diâmetro médio geométrico (DMG), nas camadas superficial do solo (0-10 cm) e sub superficiais (10-20 cm) e (20-40 cm) estão dispostos na Tabela 4.7.

Na camada superficial do solo, é possível analisar que em todos os manejos e para todas as classes de diâmetro médio de agregados houve diferenças estatísticas significativas, a maior porcentagem de agregados superior a 2 mm foi observada quando foi cultivado feijão nas entre linhas, estatisticamente diferente do manejo sem capina e utilizando a cultura do milho. Observa-se que houve aumento de agregados nessa classe, se comparada a amostragem inicial (12,56%), para a maioria dos manejos, demonstrando ação cimentante da prática desses manejos na camada superficial do solo.

Na amostragem inicial, mais de 38% dos agregados do solo possuíam diâmetro superior a 1,0 mm, apontando uma agregação fraca, caracterizando um solo mais pulverizado, com os resultados obtidos após o manejo nas entre linhas, notamos que esse valor aumentou para mais de 49%, nos manejos com mucuna-anã, feijão e milheto, indicando que houve maior agregação das partículas do solo.

Analisando os agregados do solo com diâmetro inferior a 0,25 mm, nota-se que na análise inicial esse valor era de 10%, e que após os manejos nas entre linhas, esses valores reduziram para 1% nos manejos com adubos verdes (mucuna-anã e milheto), mostrando que adubação verde é uma ótima alternativa para agregação do solo. O cultivo de feijão também reduziu esses valores para 5%, não diferindo estatisticamente dos adubos verdes.

Resultados semelhantes foram observados por Calegari et al. (2006), que comparando o sistema de plantio convencional com o plantio direto, Latosolo Vermelho - muito argiloso, observaram a pulverização do solo pelo sistema de plantio convencional, obtendo os menores valores para classe de agregados superior a 2 mm e os maiores para classe de agregados inferior a 0,25 mm.

Essa diferença para classes de agregados em Latossolos entre o solo mantido descoberto e o solo com cultivo de espécies vegetais também foi constatada por Silveira et al. (2009), que observaram resultados de classe de diâmetro de agregados para o Latossolo mantido descoberto, na profundidade de 0 a 15 cm, indicam a ocorrência de apenas de 8,8% do diâmetro médio agregados

superiores a 2 mm de diâmetro, enquanto que o Latossolo sob cultivo apresentou 25%. Observou-se, ainda, que o valor acumulado de agregados com diâmetro inferior a 0,50 mm foi superior para o solo exposto (81,6%) do que para o cultivado (63,3%).

**Tabela 4.7** - Percentagem de classe de diâmetro de agregados iniciais e para as profundidades amostradas, em função dos manejos nas entre linhas do cafeeiro - Cândido Mota/SP (2013).

Manejo nas entre linhas	Classe de diâmetro de agregados (mm)				
	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-fundo
------(%)-----					
<b>Profundidade 0-10 cm</b>					
Inicial	12,56	26,70	32,21	17,98	10,55
TC	17,81 abc	20,76 bc	26,26 b	17,14 bc	18,04 a
TSC	10,36 c	15,27 c	28,17 b	26,94 ab	19,26 a
TF	14,69 abc	19,29 c	31,80 ab	18,15 abc	16,08 a
FE	22,40 a	26,80 ab	32,46 ab	13,48 c	4,85 b
UM	20,18 ab	29,45 a	38,16 a	11,46 c	0,73 b
MI	13,38 bc	18,99 c	26,42 b	28,55 a	12,67 a
MTO	20,27 ab	32,53 a	38,29 a	8,46 c	0,44 b
C.V. (%)	29,05	18,22	15,10	38,87	41,43
F	3,09 *	8,91 *	4,54 *	4,84 *	14,56 *
<b>Profundidade 10-20 cm</b>					
Inicial	21,36	33,89	27,50	12,68	4,57
TC	21,53 bc	24,93 bc	25,43 b	19,35 a	8,76 ab
TSC	18,25 c	22,20 c	37,19 a	14,21 ab	8,16 ab
TF	18,83 c	25,16 bc	30,96 ab	14,37 ab	10,67 a
FE	29,13 ab	30,59 ab	27,26 b	11,44 bc	1,57 b
UM	22,01 bc	28,93 ab	36,94 a	9,03 bc	3,09 b
MI	22,32 bc	27,33 abc	26,94 b	14,63 ab	8,78 ab
MTO	31,79 a	31,52 a	28,34 b	6,02 c	2,32 b
C.V. (%)	24,77	13,29	14,56	37,24	72,51
F	3,32 *	3,44 *	4,75 *	3,35 *	2,39 *
<b>Profundidade 20-40 cm</b>					
Inicial	27,56	26,42	24,42	15,63	5,97
TC	27,08 b	28,24 abc	32,94 a	9,74 bc	1,98 b
TSC	22,80 b	25,38 c	30,32 a	17,72 a	3,76 ab
TF	42,42 a	26,48 c	19,67 b	7,77 bc	3,67 ab
FE	26,10 b	30,08 ab	26,69 ab	12,74 abc	4,40 ab
UM	31,80 b	31,07 a	27,20 ab	7,39 a	2,53 ab
MI	28,68 b	27,86 bc	26,98 ab	11,02 abc	5,45 ab
MTO	22,23 b	27,70 bc	29,45 a	14,60 ab	6,02 a
C.V. (%)	22,55	6,68	20,28	36,66	54,00
F	4,51 *	4,35 *	2,20 *	3,11 *	1,84 *

\* significativo a 5% do teste F. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. Média de 4 repetições.

Com os dados obtidos na profundidade de 10-20 cm, é possível observar que em todos os manejos e para todas as classes de diâmetro médio de agregados houve diferenças estatísticas significativas, sendo possível verificar que todos os manejos possuem em torno de 80% ou mais de seus agregados maiores que 0,25 mm, assim como a análise inicial, indicando que todos os manejos mantiveram boa agregação do solo, com destaque para o cultivo do milho com mais de 91% e das leguminosas que tiveram valores muito próximos em torno de 86%.

Para a classe de agregados inferior a 0,25 mm foi possível notar que os menores valores, assim como na profundidade de 0-10 cm, foram encontrados para os manejos com adubos verdes (mucuna-anã e milho) e para a cultura do feijão, confirmando o poder de agregação destas culturas no solo.

Bognola et al. (1998), analisando um Latossolo na profundidade 10-20 cm, concluíram que 25,30% do solo estava na classe de agregados inferior a 0,50 mm. Resultados semelhantes foram observados nos manejos testemunha sem capina, testemunha com capina, torta de filtro e milho, porém é possível notar que os manejos com adubos verdes (mucuna-anã e milho) e o cultivo de feijão tiveram valores bem menores 12,12, 8,34, 13,01, respectivamente.

Para a profundidade de 20-40 cm, é possível verificar que para todos os manejos e para todas as classes de diâmetro médio de agregados houve diferenças estatísticas significativas. A maior porcentagem de agregados superior a 2 mm foi observada quando foi manejado torta de filtro (42,42%) nas entre linhas diferindo dos demais manejos.

Resultados semelhantes (41,71%) para o diâmetro médio de agregados superior a 2 mm foram observados por Conte e Castro et al. (2008) quando trabalharam com adubação orgânica (esterco bovino), em Latossolo Vermelho eutrófico e por Conte e Castro et al. (2011), quando utilizaram biossólidos.

#### **4.4.11 Resistência do solo à penetração**

Além das alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo que são alteradas pela sua compactação, há o comprometimento da produtividade das culturas já que, na literatura há vários relatos concordando

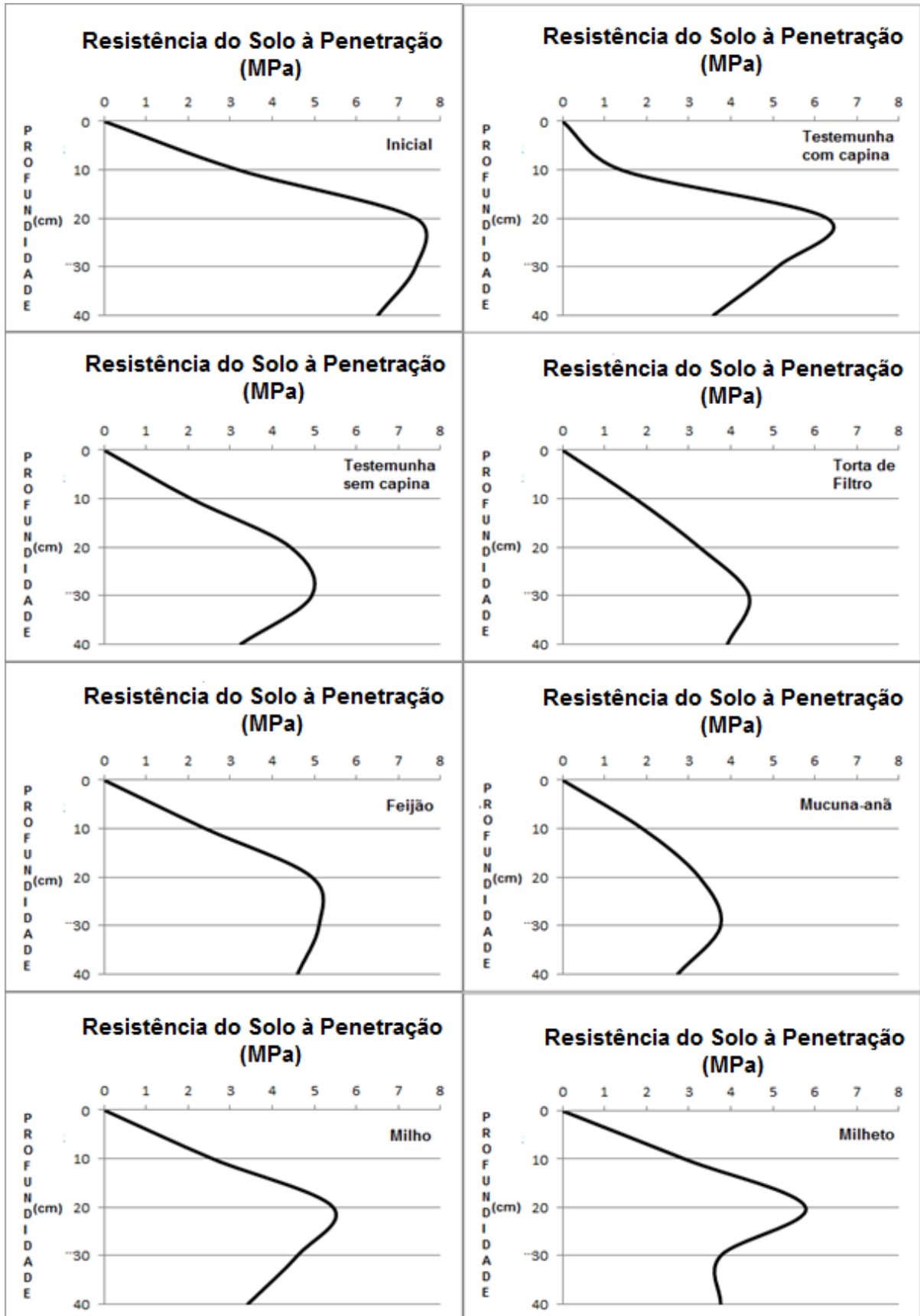
que, o aumento na resistência do solo à penetração diminui o espaço de exploração das raízes, resultando em baixa produção de matéria seca, e redução do sistema radicular das plantas (Moraes et al., 1988; Fernandez et al., 1995), e a compactação do solo acarreta aumento da densidade do solo, resultando em impedimento ao crescimento das raízes, redução da aeração e da infiltração de água e, conseqüente redução da produção das culturas (Saini, 1979). A compactação altera a estrutura do solo, pois reorganiza as partículas, causando o aumento da densidade e decréscimo da macroporosidade.

Os resultados de resistência do solo à penetração (RP) encontram-se na Figura 4.5. Na profundidade de 0-10 cm a testemunha com capinas manual apresentou os menores valores de RP, isto pode ser indício de que a superfície do solo, sem cobertura vegetal, estando exposto diretamente aos impactos da chuva e do sol, podem favorecer o encrostamento superficial, agravado pelo menor conteúdo de matéria orgânica, fatores que podem contribuir para a desagregação das partículas do solo (“pulverização do solo”) e a perda de solo (erosão).

Resultados semelhantes foram encontrados por Pires et al. (2009), em cafeeiros conduzidos à pleno sol (solteiros) apresentaram maior resistência do solo à penetração, se comparados àqueles em consorciação com coqueiro anão, nos primeiros 10 cm de profundidade.

Entretanto, para as profundidades de 10-20 cm e 20-30 cm, as entre linhas manejadas com capinas apresentaram os maiores valores de RP, podendo ser atribuída pela não presença de raízes no perfil do solo.

Ainda na profundidade de 0-10 cm os manejos das entre linhas com, a torta de filtro e a mucuna-anã, resultaram no solo valores de RP, respectivamente, de 1,73 e 1,90 MPa, sendo o segundo e terceiro menor valor e na camada de 10-20 cm, estes manejos (mucuna-anã e torta de filtro) apresentaram os menores valores de RP, isto, provavelmente pode ser atribuído à quantidade de matéria orgânica oriunda desses manejos, pois segundo Pires et al. (2009), o aporte de resíduos vegetais incrementam o teor de matéria orgânica nas camadas superficiais o que contribui para reduzir ainda mais os valores de RP.



**Figura 4.5** - Resistência do solo à penetração (MPa) inicial e após a colheita/retirada dos manejos das entre linhas

O uso da mucuna-anã, como cobertura vegetal (adubo verde), é considerada uma tecnologia que traz benefícios para o solo por favorecer a ciclagem de nutrientes (Teixeira et al., 2010), promover melhorias na estrutura do solo por meio do sistema radicular (Souza Neto et al., 2008) e por ser uma leguminosa capaz de possibilitar o aproveitamento do nitrogênio atmosférico (simbiose), aumentando os teores de matéria orgânica (Amado et al., 2001; Silva et al., 2009), e isto pode ter contribuído para uma melhor agregação do solo.

Os resultados encontrados assemelham-se aos de Vargas et al. (2013), onde os autores encontraram valores menores de RP no sistema agroflorestal em comparação aos da mata e aos do café convencional (limpo), nos 60 cm de solo analisados, o que revelou que este manejo pode favorecer o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro.

Rossetto et al. (2008), salientaram que o uso de torta de filtro desempenha papel fundamental na produção agrícola e nos solos, na manutenção da fertilidade e nos atributos físicos, segundo Bertoncini (2009), o uso de resíduos, como a torta de filtro, é benéfico em solos agrícolas, entre outras razões, pelo fato de incrementar e aumentar os teores de matéria orgânica.

A utilização de resíduos orgânicos como a palha de café, nas entre linhas dessa cultura, contribuiu para os menores valores de RP segundo (Effgen, 2006), o que pode indicar a importância do uso de resíduos como cobertura de solo nas entre linhas do cafeeiro.

Segundo Theodoro et al. (2003), os atributos físicos do solo influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas, sendo que variações, que ocorrem pelo manejo do homem, mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas, influenciam principalmente o acúmulo de material orgânico, a infiltração da água no solo e a erosão hídrica e essas informações são reforçadas por (Bertol et al., 2004).

Na camada de 20-30 cm do solo, o manejo das entrelinhas do cafeeiro com o cultivo da mucuna-anã e do milho foram observados os menores valores de RP, isto pode ser atribuído pela quantidade de raízes que essas culturas, possivelmente, apresentaram, tanto em volume como em profundidade, já que as mesmas tiveram massa seca de parte aérea de 2,29 e 7,03 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente, consideradas por vários autores como elevadas.

Os benefícios nos atributos físicos do solo, entre eles a descompactação de solos, proporcionado pelas culturas de adubação verde (como mucuna-anã e milho) são relatados por Silva e Rosolem (2001), onde os autores citaram que essas plantas de cobertura apresentam capacidade de crescer em solos com alta resistência mecânica, criando canais (“bioporos”) nos quais as raízes da cultura subsequente podem crescer facilmente. Além de facilitar o crescimento radicular em profundidade, esses bioporos apresentam, também, microclima favorável ao crescimento das raízes, uma vez que há mais substrato orgânico oriundo de exsudatos radiculares ou da decomposição das raízes mortas, que, além de complexar Al, reduzem seu efeito tóxico (Canellas et al., 1999).

Para o milho, Alvarenga et al. (2001), citaram que ocorre a permanência de palhada por mais tempo na superfície do solo e com o sistema radicular bem desenvolvido, podendo alcançar mais de 2 metros de profundidade, absorve nutrientes em maiores profundidades e auxilia na agregação do solo.

Segundo Silva e Menezes (2007), a mucuna-anã possui sistema radicular do tipo pivotante, rústico, profundo e bastante ramificado, o que ajuda na descompactação e na melhor estruturação do solo.

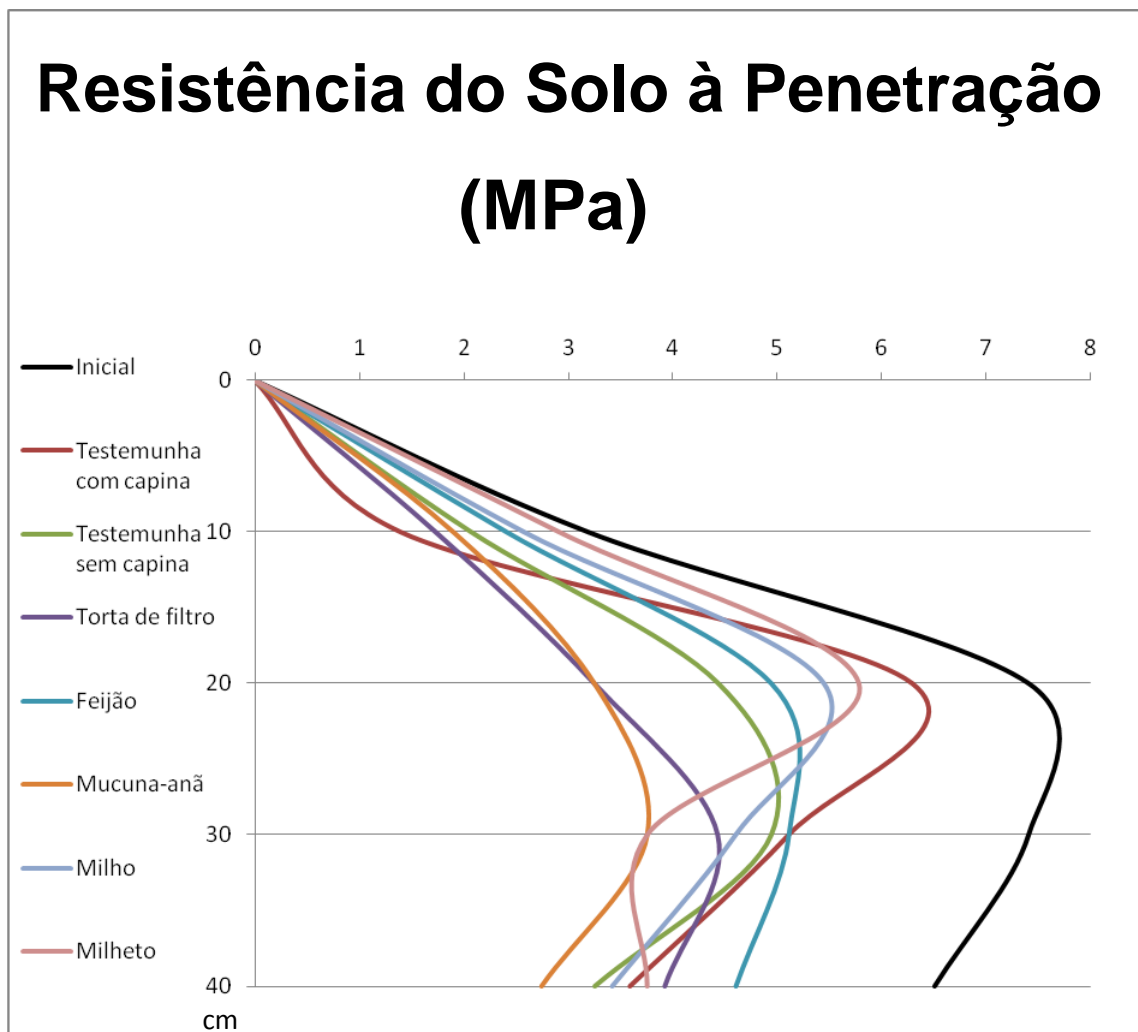
Resultados semelhantes foram encontrados por Alves e Suzuki (2004), que observaram que o uso de plantas de cobertura aliada à sucessão de culturas (milho e soja) sob semeadura direta melhorou as propriedades físicas do solo, como porosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração.

Para a camada de 30-40 cm, os maiores valores de RP foram observados quando o manejo das entre linhas do cafeeiro foi conduzido com a cultura do feijoeiro (Figura 4.5), assim como na camada de 20-30 cm, vários fatores podem ter contribuído para esses valores de RP (4,60 e 5,11, respectivamente) como o fato da cultura do feijão ter ciclo de 75 dias, enquanto os demais manejos foram avaliados após 110 dias, sendo que alterações nas propriedades sejam elas físicas, químicas e biológicas do solo necessitam de mais tempo para serem observadas, quando se refere aos manejos adotados neste experimento.

Os menores valores de RP, para a profundidade de 30-40 cm do solo também foram encontrados para o manejo nas entre linhas do cafeeiro com a mucuna-anã, sugerindo que esta cultura pode ser boa descompactadora e agregadora do solo, mostrando que suas raízes são profundas e ramificadas

ajudando na estruturação do solo em camadas mais profundas, como descrito por (Silva e Menezes, 2007).

Na Figura 4.6, observa-se o gráfico de RP inicial e de todos os manejos nas entre linhas do cafeeiro, onde é possível verificar que todos os manejos reduziram os valores de RP em comparação ao inicial. Isto deixa evidente os efeitos da compactação do solo causado pelo manejo de plantas invasoras com capinas mecânicas (roçadora), manejo realizado antes da implantação do experimento.



**Figura 4.6** - Resistência do solo à penetração (MPa) inicial e após a colheita/retirada dos manejos das entre linhas

Araujo Junior et al. (2008) e Pais et al. (2011), também constataram que os manejos de plantas invasoras que promoveram maior compactação no solo foram grade de discos, trincha e roçadora.

Neste enfoque, Araujo Junior (2007) e Santos et al. (2010) relataram que o manejo de plantas invasoras na cultura do cafeeiro está relacionado com o

uso, em geral, de máquinas agrícolas, que podem causar compactação do solo e alteração do meio onde o sistema radicular se desenvolve, promovendo degradação da estrutura do solo e redução da produção das culturas. Além do tipo de manejo adotado, o número médio de operações anuais para o controle satisfatório das plantas invasoras pode alterar a produção da lavoura cafeeira (Alcântara et al., 2009).

Resultados semelhantes foram encontrados por Carmo et al. (2011a), que trabalhando em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro, observaram que o sistema de café com mecanização alterou as propriedades físicas na posição de linha de tráfego de máquinas, indicadas pelo aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração e redução do volume total de poros, da macroporosidade e da relação macro/microporosidade, quatro anos após o plantio.

#### 4.4.12 Produtividade do cafeeiro

Os resultados de produtividade do cafeeiro em função dos manejos nas entre linhas estão apresentados na Tabela 4.8, onde foi possível verificar que a maior produtividade foi encontrada com o manejo nas entre linhas utilizando mucuna-anã, torta de filtro e testemunha sem capina. Os menores valores de produtividade do cafeeiro foram encontrados quando se adotou o manejo das entre linhas do cafeeiro com o cultivo de milho e milheto.

**Tabela 4.8** - Produtividade do cafeeiro em função do manejo das entre linhas - Cândido Mota/SP (2013).

<b>Manejo nas entre linhas</b>	<b>Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Média safras 2010 a 2012</b>	<b>10,20</b>	<b>612,00</b>
Testemunha com capina	28,19 cd	1.691,67 cd
Testemunha sem capina	32,89 abc	1.973,61 abc
Torta de filtro	35,85 ab	2.150,83 ab
Feijão	31,08 bc	1.864,86 bc
Mucuna-anã	37,02 a	2.221,32 a
Milho	21,08 e	1.264,72 e
Milheto	24,90 de	1.494,31 de
C.V. (%)		10,77
F		12,77 *

\* significativo a 5% do teste F. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade

As maiores produtividades observadas quando nas entre linhas do cafeeiro foram utilizadas mucuna-anã, torta de filtro e testemunha sem capina, estão de acordo com as melhorias dos atributos físicos do solo constatadas por estes manejos nas diferentes profundidades amostradas.

#### **4.5 CONCLUSÕES**

Os manejos nas entre linhas do cafeeiro contribuíram positivamente para melhoria dos atributos físicos do solo.

As maiores produtividades do cafeeiro obtidas nos manejos utilizando mucuna-anã, torta de filtro e testemunha sem capina estiveram associadas às melhorias nos atributos físicos do solo no período experimental.

## 5 ARTIGO C: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO MANEJO NAS ENTRE LINHAS

### 5.1 RESUMO E ABSTRACT

**RESUMO:** O manejo nas entre linhas do cafeeiro pode promover aporte de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e melhorias nas propriedades químicas do solo, além de poder aumentar a sua produtividade. Com objetivo de avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade do cafeeiro em função do manejo nas entre linhas, foi instalado um experimento na Fazenda Santa Rosa em Latossolo Vermelho eutroférico, no município de Cândido Mota/SP, com o cultivar de café IAPAR 59 em espaçamento de 3,5 x 1,0 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: TC (testemunha com capina), TSC (testemunha sem capina), TF (torta de filtro), FE (feijão), MU (mucuna-anã) MI (milho) e MTO (milheto), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 metros de comprimento por 14 metros de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas das extremidades de cada parcela, perfazendo uma população de 12 plantas. Após a colheita/retirada dos tratamentos das entre linhas do cafeeiro foram determinados os atributos químicos do solo e a produtividade do cafeeiro. Os resultados permitiram concluir que, de modo geral, os manejos nas entre linhas do cafeeiro melhoraram os atributos químicos do solo em relação à testemunha com capina e a maior produtividade foi obtida quando o solo nas entre linhas do cafeeiro foi manejado com mucuna-anã, seguido por torta de filtro, testemunha sem capina e feijão.

**Palavras-chave:** Adubos verdes. Ciclagem de nutrientes. Consorciação.

**ABSTRACT:** The management between rows of the coffee tree can promote input of organic matter, nutrient cycling and improvements in chemical attributes, and can increase your productivity. In order to evaluate the soil chemical attributes and productivity of coffee tree as function of handling between the lines, an experiment was installed in the Santa Rosa farm, in eutroferric Red Latosol, in the city of Cândido Mota/SP, with cultivar of coffee IAPAR 59 spaced 3.5 x 1.0 m. The experimental design was a randomized block design with 7 treatments applied between rows of coffee: TC (control treatments plus weeding), TSC (control without weeding), TF (filter pie), FE (beans), MU (dwarf mucuna) MI (corn) and MTO (pearl millet), with 4 replicates. The plots consisted of 4 rows between coffee, 8 meters long and 14 meters wide, resulting in a total area of 112 m<sup>2</sup>, being considered the useful area the two between rows centrals, discounting one between row in each side, and excluding the two plants ends in each plot, resulting in a population of 12 plants. After harvesting/removal treatments between the lines of coffee tree were determined soil chemical attributes and productivity of coffee tree. The results showed that, overall, the managements between rows of coffee tree have improved soil chemical attributes in relation to control treatments plus weeding and the largest productivity was obtained when the soil between rows of coffee was handled with dwarf mucuna, followed by filter pie, control without weeding and beans.

**Key-words:** Green Manure. Nutrient cycling. Intercropping.

## 5.2 INTRODUÇÃO

Em 2013, o Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto, detendo mais de 25% do mercado mundial de café (Abic, 2013). Esta cadeia produtiva de café é muito importante para economia brasileira, sendo responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no país (Mapa, 2013), proporcionando renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias.

O café tem grande importância histórica para o estado de São Paulo, foi o principal produto de exportação brasileiro durante quase 100 anos, sendo o motor da economia brasileira desde a metade do século XIX até a década de 1930. O café também comandou a política interna do país, representando São Paulo na “política do café com leite”. Além disso, é fixadora de mão-de-obra na zona rural, onde em algumas regiões oferecem programas de inclusão digital, capacitam jovens e adultos, ensinando noções básicas de computação e acesso à Internet.

O uso de adubos verdes é uma ótima alternativa para preservação do solo, além de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Por ser uma das culturas mais exigentes do mundo em relação a questões sociais e ambientais e pelo Brasil ser o maior exportador mundial, a cafeicultura brasileira tem grande preocupação em garantir uma produção sustentável.

A consorciação do café com outras culturas como milho e feijão pode gerar aumento de renda para o produtor na entressafra e nos anos de ciclo de baixa bionalidade desta cultura, aumentando a qualidade de vida de sua família, além de gerar mais empregos e fixar mão-de-obra no campo.

De acordo com Alcântara et al. (2000), as propriedades químicas do solo são bastante influenciadas pela adubação verde, sendo dependente de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo da permanência dos resíduos no solo, as condições edafoclimáticas, e a interação entre esses fatores.

Calegari et al. (1992), afirmaram que a adubação verde pode proporcionar, na fertilidade do solo, aumento do teor de matéria orgânica, maior disponibilidade de nutrientes, maior capacidade de troca de cátions, diminuição dos teores de alumínio e capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes.

O manejo inadequado das lavouras promove degradação do solo, visto que lavouras cafeeiras cultivadas com práticas conservacionistas, como a consorciação, promovem maior conservação que o cultivo convencional, diminuindo perdas de solo e nutrientes por processos erosivos (Thomazini et al., 2012).

A manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição de sua lixiviação, ainda mais em solos tropicais e subtropicais, onde a CTC da matéria orgânica pode representar grande percentual da CTC total do solo. (Bayer e Mielniczuk, 2008).

A permanência da palhada resultante da cultura entre as linhas do café na superfície do solo é importante para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo, além de contribuir para o aporte de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes (Kliemann et al., 2006), podendo resultar em acréscimo na produtividade do cafeeiro (Brançalião e Moraes, 2008; Calvo et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os manejos nas entre linhas do cafeeiro visando melhorias nos atributos químicos do solo e na produtividade do cafeeiro.

### **5.3 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, no município de Cândido Mota, localizado no sudoeste do estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 50° 23' oeste e 22° 44' sul e altitude média de 479 metros. Clima mesotérmico com temperatura média anual de 22,4°C, e precipitação média anual na faixa de 1.450 mm segundo a classificação climática de Köppen. O solo é classificado, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, como Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), segundo (Embrapa, 2006).

A cultura utilizada foi o café, cv. IAPAR 59 (Figura 5.1) com histórico de cultivo desde 2010 (primeiro ano de produção), sendo conduzido no espaçamento de 3,5 m x 1,0 m, com manejo de adubação de 17 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e duas adubações minerais anuais em cobertura com a fórmula NPK (04-11-18) realizadas: uma na primavera utilizando 300 g planta<sup>-1</sup> de

café e outra no verão de 200 g planta<sup>-1</sup> de café. O controle de plantas invasoras é realizado com capinas manual e/ou mecânica por meio do uso de roçadeira. A produção do cafezal nos anos 2010, 2011 e 2012 está apresentada na Tabela 5.1. Antes da implantação do experimento (setembro de 2012), foram coletadas amostras de solo (5 sub amostras - método de trincheira) para análises químicas, na região das entre linhas do cafeeiro, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm e granulométrica (0-20 cm), e os resultados estão expressos na Tabela 5.2.

**Tabela 5.1** - Produtividade do café cv. IAPAR 59 nas safras de 2010 a 2012, na Fazenda Santa Rosa - Cândido Mota/SP (2012).

Ano Agrícola	2010	2011	2012
Produtividade - café beneficiado (kg ha <sup>-1</sup> )	622,2	588	625,8

**Tabela 5.2** - Análise química e granulométrica do Latossolo Vermelho eutroférico da área experimental - Cândido Mota/SP (2012).

Prof. Cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	S mg dm <sup>-3</sup>	K -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
0-10	5,5	28,2	13,9	8,4	0,64	9,7	2,1	0,0	3,54	12,4	16,0
10-20	5,3	22,8	5,3	10,2	0,41	8,5	2,3	0,0	4,77	11,2	16,0
20-40	5,5	18,8	3,2	7,6	0,15	6,0	2,1	0,0	3,67	8,3	11,9
Prof. Cm	M %	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Granulometria (0-20 cm) g kg <sup>-1</sup>			
0-10	0,0	77,8	0,5	29,2	28,3	171,4	8,1	Areia	Silte	Argila	
10-20	0,0	70,2	0,7	30,5	33,5	138,8	6,1	30	180	790	
20-40	0,0	69,2	0,6	25,7	42,1	73,3	2,9	3%	18%	79%	

\* P = extrator Mehlich-1.

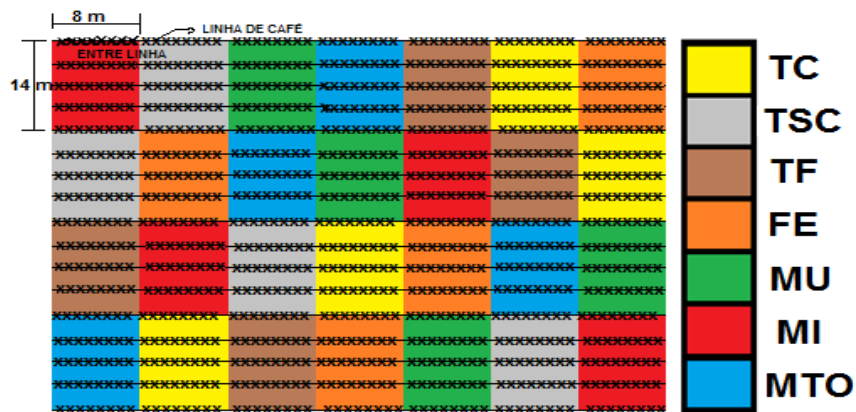


**Figura 5.1** - Aspecto geral da cultura do café na área experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 7 tratamentos, aplicados nas entre linhas do café, sendo: TC (testemunha com capina

manual), TSC (testemunha sem capina), TF (adubação orgânica com torta de filtro), FE (consórcio com feijão - *Phaseolus vulgaris*), MU (consórcio com mucuna-anã - *Mucuna deeringiana*), MI (consórcio com milho - *Zea mays*) e MTO (consórcio com milheto - *Pennisetum glaucum*), com 4 repetições, seguindo o croqui apresentado na Figura 5.2.

As parcelas foram constituídas por 4 entre linhas de café, de 8 m de comprimento por 14 m de largura, resultando em uma área total de 112 m<sup>2</sup>, sendo considerada a área útil as duas entre linhas centrais, descontando-se uma entre linha em cada lateral, e excluindo as 2 plantas de café das extremidades de cada parcela, perfazendo uma área útil nas entre linhas de 28 m<sup>2</sup> e 12 plantas de café por parcela.



**Figura 5.2** - Croqui da distribuição dos manejos na área experimental

A adubação de manutenção da cultura do café no quarto ano de produção foi dividida em duas aplicações realizadas na primavera e verão, nas doses: 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para cada aplicação, nas fontes uréia e cloreto de potássio.

A adubação de semeadura e o plantio das culturas nas entre linhas foram realizadas em outubro de 2012, sendo implantados seguindo os tratamentos:

TC (testemunha com capina manual) a cultura foi mantida no limpo por meio de capina manual, realizada sempre que necessário.

TSC (testemunha sem capina) não se efetuou nenhum controle para plantas invasoras nesta área; sendo encontrados picão branco (*Galinsoga parviflora*), picão preto (*Bidens pilosa*), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), trapoeraba (*Commelina erecta*), voadeira ou buva (*Conyza canadenses* L.), caruru (*Amaranthus viridis* L.), mentruz (*Coronopus didymus*), capim amargoso (*Digitaria insularis*).

TF (adubação orgânica com torta de filtro): foi aplicado à lanço e sem incorporação 10 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro por parcela proveniente da usina NovAmérica - Raízen, que possui características químico-físicas média, segundo o Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997), (Tabela 5.3).

**Tabela 5.3** - Composição química média para torta de filtro na base úmida.

C/N	Umidade	C org.	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu
----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----									(mg kg <sup>-1</sup> )	
27	770	80	3	2	0,6	5	0,8	3	20	13

Fonte: Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997).

FE (consórcio com feijão) utilizou-se a cultivar IPR-139 (Juriti Branco), semeado com espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 12 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 5 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 1,5 a 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de feijão, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Foram aplicados: 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

MU (consórcio com mucuna-anã) foi semeada em espaçamento de 0,50 m entre linhas e com 8 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 4 linhas de plantio por entre linhas. Neste manejo não houve adubação e calagem, seguindo (Alcântara et al., 2005).

MI (consórcio com milho) foi semeado em espaçamento de 0,90 m nas entre linhas e com 5 plantas por metro na linha de semeadura, perfazendo um total de 3 linhas de plantio por entre linhas de café. A adubação foi realizada visando a produtividade de 6 a 8 Mg ha<sup>-1</sup> de milho, seguindo a análise de solo e as recomendações do Boletim Técnico 100, (Raij et al., 1997). Assim, foram aplicados: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para adubação de semeadura e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para adubação em cobertura.

MTO (consórcio com milheto) foi semeado à lanço com uma densidade de semeadura de 6,7 kg ha<sup>-1</sup>. Esta cultura destinou-se apenas a adubação verde. Utilizou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de semeadura (Embrapa, 2003).

Os adubos utilizados foram uréia (45% de N), super fosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ), aplicados manualmente. Em nenhum dos tratamentos houve necessidade de calagem; e para determinação da adubação fosfatada foi utilizada a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999).

Visando o combate de pragas, principalmente o bicho mineiro, aplicou-se duas vezes o inseticida Altacor® (90g  $ha^{-1}$ ) com óleo mineral Joint Oil® (0,5 L  $ha^{-1}$ ) nas folhas do cafeeiro, sendo a primeira em dezembro de 2012 e a segunda em janeiro de 2013. Foram realizadas 3 aplicações de inseticidas + fungicidas para as culturas entre linhas (feijão, milho, mucuna-anã e milheto), utilizando os produtos misturados nas seguintes proporções: Derosal® (600 mL  $ha^{-1}$ ), Ampligo® (100 mL  $ha^{-1}$ ) e Engeo Pleno® (250 mL  $ha^{-1}$ ), sendo a primeira e a segunda realizadas em dezembro de 2012 e a terceira em janeiro de 2013. As aplicações de inseticidas e fungicidas foram realizadas com bomba costal.

No final do experimento o solo foi amostrado nas três profundidades estabelecidas no início do projeto, sendo coletadas 5 sub amostras por parcela, onde foram avaliados os atributos químicos do solo, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 5.4 e 5.5.

Foi realizada a análise química completa, onde foram determinados: potencial hidrogeniônico - pH (em  $CaCl_2$ ), matéria orgânica - M.O. ( $g\ kg^{-1}$ ), fósforo - P ( $mg\ dm^{-3}$ ), potássio - K, cálcio - Ca, magnésio - Mg, hidrogênio + alumínio - H+Al, soma de bases - SB, capacidade de troca catiônica -  $CTC_{total}$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ), zinco - Zn, ferro - Fe, cobre - Cu, boro - B e manganês - Mn ( $mg\ dm^{-3}$ ).

O carbono orgânico (C) foi obtido por oxidação sulfocrômica, sendo determinado por titulação com sulfato ferroso (método Walkley-Black). Potássio e fósforo foram obtidos por meio da solução extratora Mehlich 1; cálcio, magnésio e alumínio pela solução extratora KCl 1 mol  $L^{-1}$ . A acidez ativa (pH) por meio de solução com  $CaCl_2$  e a acidez potencial (H+Al) pelo método pH em SMP. Os valores de CTC efetiva, CTC a pH 7, soma de bases (SB) e saturação por bases (V %) foram obtidos por cálculos, segundo (Embrapa, 2009).

O boro foi obtido em água quente, usando aquecimento com micro-ondas; cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados usando a solução DTPA em pH 7,3 (Raij et. al., 2001).

A colheita foi realizada quando as plantas de café estavam com mais de 50% dos frutos maduros (“cereja”), nas plantas que estavam localizadas na área útil das parcelas, por meio da máquina derriçadora (Figura 5.3), e corrigido a 11% de umidade para avaliação de produtividade entre os tratamentos realizados nas entre linhas.



**Figura 5.3** - Colheita do café com máquina derriçadora

Os dados foram comparados pela análise de variância, avaliados como blocos ao acaso, utilizando o teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade e o software utilizado foi o SASM-Agri.

#### **5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 5.4 estão apresentados os valores de M.O., P, K, Ca, Mg, pH, V, H+Al, SB, CTC<sub>total</sub> no solo, nas profundidades de amostragem de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em função do manejo nas entre linhas do cafeeiro.

**Tabela 5.4** - Características químicas do solo em função do manejo nas entre linhas do cafeeiro, nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm - Cândido Mota/SP (2013).

Prof. (cm)	TC	TSC	TF	FE	MU	MI	MTO	C.V.	F
<b>M.O. (g dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	21,15c	21,15c	27,88a	25,85b	27,88a	19,15c	21,50c	8,34	12,98*
10-20	19,48b	18,48b	26,20a	21,50b	24,50a	17,12b	21,15b	14,28	4,58*
20-40	18,12b	19,48b	22,15a	18,15b	23,18a	14,78b	17,45b	13,78	5,12*
<b>P (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	4,91b	12,20a	7,44b	4,84b	5,75b	5,01b	4,42b	42,68	4,12*
10-20	1,86b	4,73a	5,13a	2,32b	2,09b	2,58b	2,16b	34,86	6,76*
20-40	1,38b	2,09a	2,96a	2,45a	1,62b	1,24b	1,80b	31,72	3,94*
<b>K (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	0,33b	0,84a	0,33b	0,30b	0,42b	0,47b	0,22b	40,30	5,92*
10-20	0,24	0,56	0,29	0,23	0,27	0,32	0,33	49,20	2,00ns
20-40	0,19b	0,46a	0,24b	0,17b	0,36a	0,21b	0,24b	46,18	2,81*
<b>Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	7,88b	8,98a	8,15a	7,42b	7,62b	7,20b	7,35b	7,86	3,97*
10-20	7,80a	7,15b	7,68a	7,00b	6,65b	6,35b	7,02b	6,70	4,73*
20-40	7,78	6,90	6,95	6,85	6,82	5,78	6,22	9,88	3,52ns
<b>Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	2,38b	3,78a	2,30b	2,18b	2,95a	2,65a	2,32b	13,37	2,92*
10-20	2,15	2,48	2,45	1,95	2,42	2,20	2,42	17,38	1,00ns
20-40	2,15	2,50	2,12	2,22	2,08	2,45	2,22	15,13	0,92ns
<b>pH (CaCl<sub>2</sub>)</b>									
0-10	5,42	5,53	5,44	5,25	5,27	5,16	5,37	3,15	2,38ns
10-20	5,43	5,46	5,31	5,30	5,18	5,18	5,37	2,75	2,27ns
20-40	5,46	5,36	4,83	5,37	5,34	5,27	5,40	7,69	1,09ns
<b>V (%)</b>									
0-10	75,02b	81,18a	78,42a	71,72b	74,78b	73,10b	73,00b	3,88	5,28*
10-20	74,42a	76,02a	78,12a	70,28b	72,52b	72,68b	71,90b	3,50	4,30*
20-40	73,68	76,60	76,00	70,12	72,92	74,45	71,40	3,62	3,09ns
<b>H + Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	3,52a	2,88b	2,96b	3,90a	3,70a	3,82a	3,64a	13,75	2,89*
10-20	3,50	3,22	2,91	3,89	3,56	3,31	3,86	12,78	2,52ns
20-40	3,64a	3,00b	2,94b	3,89a	3,43a	2,89b	3,50a	13,18	3,12*
<b>SB (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	10,58b	12,59a	10,78b	9,90b	11,00b	10,32b	9,89b	7,92	6,12*
10-20	10,19a	10,18a	10,41a	9,18b	9,43b	8,86b	9,78a	7,35	2,72*
20-40	10,12	9,86	9,32	9,25	9,26	8,43	8,68	8,54	2,23ns
<b>CTC<sub>total</sub> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	14,10b	15,47a	13,74b	13,80b	14,70a	14,14b	13,54b	5,05	3,46*
10-20	13,70	13,40	13,32	13,07	12,90	12,18	13,63	6,85	1,34ns
20-40	13,75	12,85	12,26	13,14	12,69	11,32	12,18	7,83	2,46ns

\* significativo a 5% do teste F. ns = não significativo. Letras iguais na linha não diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. TC (testemunha com capina); TSC (testemunha sem capina); TF (torta de filtro); FE (feijão); MU (mucuna-anã); MI (milho); MTO (milheto). Média de 4 repetições.

Os valores de matéria orgânica (M.O.) do solo foram maiores quando o café foi consorciado com mucuna-anã e quando nas entre linhas do cafeeiro foi aplicado torta de filtro, nas três profundidades amostradas. Uma possível

explicação para o efeito da torta de filtro pode ser atribuído ao alto teor de carbono orgânico contido neste resíduo (Tabela 5.3), utilizado como adubação orgânica e a mucuna-anã por ser uma leguminosa capaz de produzir  $9,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Paulo et al., 2001), destinada à adubação verde.

Resultados semelhantes foram alcançados por Paulo et al. (2001), que verificaram que o café consorciado com plantas leguminosas de adubação verde (crotalaria júncea e espectralis, mucuna-anã e guandu) aumentaram em até 28% o teor de M.O. do solo em comparação a testemunha. Estes resultados, também, estão de acordo com (Partelli et al., 2009; Paulino et al., 2009; Silva et al., 2009; Souza et al., 2012a), pois segundo esses autores as leguminosas, de modo geral, são as plantas preferidas para a formação da matéria orgânica do solo em virtude da grande massa produzida por unidade de área, da sua riqueza em elementos minerais, do seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, da capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, da possibilidade de aproveitamento do nitrogênio atmosférico.

Os valores de P e K, na profundidade de 0-10 cm, não diferiram estatisticamente, com exceção da testemunha sem capina, que proporcionou os maiores valores para estes nutrientes. Isto pode ser um indício que as plantas invasoras podem estar reciclando o K e P, depositando-os na camada superficial, na região central das entrelinhas dos cafeeiros. Efeito semelhante foi observado por Araujo Junior et al. (2011), quando analisaram o elemento K e reforçado por Meda et al. (2002), que constataram que K e N foram os nutrientes de maior quantidade na biomassa de oito espécies de plantas invasoras estudadas e que após a deposição das mesmas ao solo elas seriam responsáveis por parte desses elementos no processo de ciclagem.

Nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm, foi possível observar que os maiores valores de P encontrados no solo foram obtidos quando foi aplicado a torta de filtro, porém não diferiu da testemunha sem capina (10-20 cm) e da testemunha sem capina e feijão (20-40 cm). Resultados semelhantes foram observados por Tolfo et al. (2013), na profundidade de 10-20 cm e por Nardin (2007), que em avaliação na camada 20-40 cm, verificou aumento dos teores de P e Ca com aumento das doses de torta de filtro, principalmente quando aplicada no sulco de plantio em canaviais.

Almeida Júnior et al. (2011), avaliando o efeito da aplicação de torta de filtro em canaviais, observaram um incremento expressivo nos teores de P dos solos, que segundo os autores pode indicar a eficiência do resíduo em suprir P.

Os maiores valores encontrados no solo com a testemunha sem capina na profundidade de 0-10 cm para o Ca (estatisticamente não diferiu da torta de filtro) e para o Mg (estatisticamente não diferiu da mucuna-anã e milho) podem ser comparados aos resultados obtidos por Pavan et al. (1985), que constataram que a cobertura vegetal na superfície do solo proporcionada pelas plantas invasoras em lavouras cafeeiras promoveu aumento nos teores de Ca, Mg e K do solo, em comparação com os manejos enxada manual, enxada rotativa, herbicida e adubação verde. Resultados semelhantes foram obtidos por Alcântara et al. (2009) quando estes autores avaliaram os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico.

O manejo nas entre linhas do cafeeiro com a testemunha sem capina e a adubação com torta de filtro em comparação com as culturas do milho, milheto, mucuna-anã, feijão e testemunha com capina tiveram maiores valores de V% e menores valores de H+Al na camada de 0-10 cm do solo. Os resultados podem sugerir que as culturas intercalares absorveram nutrientes do solo, competindo com o cafeeiro e isso também foi observado por (Paulo et al. 2004), quando o solo foi deixado descoberto (testemunha com capina) pode ter ocorrido erosão laminar e esses nutrientes podem ter sido perdidos, fenômeno normal quando se adota esse tipo de manejo. Vale ressaltar que não houve calagem para as culturas intercalares.

Na profundidade de 10-20 cm foi possível observar que os manejos nas entre linhas do cafeeiro realizado com milheto, torta de filtro e testemunhas com e sem capina resultaram nos maiores valores para SB, fato que se repete quando foi analisada a saturação por bases (V%), com excessão do milheto.

Para a  $CTC_{total}$  do solo, na profundidade de 0-10 cm, os maiores valores foram encontrados nos manejos nas entre linhas do cafeeiro com testemunha sem capina e mucuna-anã, nas demais profundidades não houve diferenças significativas. Uma possível explicação no manejo com mucuna-anã pode estar associado ao aumento de M.O. no solo que pode promover aumento das cargas negativas, já que a CTC pode ser entendida como uma estimativa indireta das cargas negativas do solo (Araujo Junior et al., 2011); já para a testemunha sem capina pode ser reflexo do maior valor para SB, e pode indicar que a manutenção

das plantas invasoras nas entre linhas dos cafeeiros, adotada no manejo sem capina, pode contribuir positivamente para as alterações dos atributos químicos do solo, principalmente nas camadas superficiais, como constataram (Araujo Junior et al., 2011).

Na Tabela 5.5, estão apresentados os valores dos micronutrientes no solo, para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo possível observar que para os diferentes manejos adotados nas entre linhas do cafeeiro, os nutrientes Cu, Fe e Mn não apresentaram diferenças estatísticas significativas, já Zn e B apresentam diferenças nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Os maiores valores de Zn, na camada de 0-10 cm do solo, foram obtidos com os manejos testemunha com capina, torta de filtro, milho e milheto; já para a profundidade de 10-20 cm os maiores valores foram encontrados nos manejos com testemunha sem capina, torta de filtro e milheto.

**Tabela 5.5** - Teores de micronutrientes do solo em função do manejo nas entre linhas do cafeeiro nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm - Cândido Mota/SP (2013).

Prof. (cm)	TC	TSC	TF	FE	MU	MI	MTO	C.V.	F
<b>Cu (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	15,58	14,20	16,32	15,22	15,78	15,92	14,50	7,89	1,62ns
10-20	14,32	16,60	16,65	14,12	15,80	12,80	15,12	15,97	1,38ns
20-40	12,70	15,22	14,42	10,15	11,42	12,45	14,78	27,81	1,07ns
<b>Zn (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	2,95a	2,35b	3,55a	2,25b	2,50b	2,82a	3,10a	14,47	5,20*
10-20	1,85b	2,58a	2,98a	1,40b	2,10b	1,58b	2,42a	27,72	3,67*
20-40	1,58	2,45	1,90	0,92	1,08	1,32	2,02	46,48	2,14ns
<b>Fe (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	12,00	11,75	12,50	13,75	11,75	12,25	9,75	17,97	1,23ns
10-20	13,00	14,75	13,25	12,75	12,75	11,00	12,50	23,46	0,54ns
20-40	11,25	13,50	12,00	9,00	8,25	10,25	11,75	35,41	0,90ns
<b>Mn (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	62,62	58,65	70,10	66,78	75,20	74,75	61,85	12,97	2,22ns
10-20	53,55	66,78	67,98	54,32	64,28	55,40	67,80	22,06	0,98ns
20-40	45,30	56,70	55,32	36,30	41,12	48,30	63,02	34,48	1,22ns
<b>B (mg dm<sup>-3</sup>)</b>									
0-10	0,36b	0,40b	0,53b	0,48b	0,40b	0,72a	0,68a	22,64	6,06*
10-20	0,32b	0,59a	0,45b	0,52a	0,46b	0,65a	0,57a	24,30	3,21*
20-40	0,44	0,51	0,43	0,38	0,44	0,53	0,44	28,06	0,64ns

\* significativo a 5% do teste F. ns = não significativo. Letras iguais na linha não diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. TC (testemunha com capina); TSC (testemunha sem capina); TF (torta de filtro); FE (feijão); MU (mucuna-anã); MI (milho); MTO (milheto). Média de 4 repetições.

Os valores de Zn encontrados no solo, quando nas entre linhas do cafeeiro foi aplicada torta de filtro, podem estar associados à concentração deste

nutriente no resíduo (Tabela 5.3), já os maiores valores observados no milheto, milho (0-10 cm) e testemunha sem capina (10-20 cm) em comparação as leguminosas (feijão e mucuna-anã), podem ser reforçados pelos relatos apresentados por Ragozo et al. (2006), que concluíram que as leguminosas extraem mais Zn que as gramíneas, e confirmados por Duarte Júnior e Coelho (2008), que observaram maior extração de Zn em leguminosas, em comparação com as plantas invasoras.

Para o B, na camada de 0-10 cm do solo, verifica-se que os maiores valores foram obtidos com os manejos de gramíneas (milho e milheto), isto pode ser explicado por serem as leguminosas, de modo geral, grandes extratoras de B (Gupta et al., 1995), enfatizado por (Dechen et al., 1991), onde os autores afirmaram que, em geral, todas as dicotiledôneas (mucuna-anã e feijão) requerem altas quantidades de boro em relação às monocotiledôneas. No caso da testemunha sem capina pode ser atribuído ao fato de haver plantas invasoras dicotiledôneas na parcela e na testemunha com capina uma possível explicação poderia ser a erosão laminar, já a torta de filtro poderia ser pela lenta liberação dos nutrientes por ser um adubo orgânico.

Na Tabela 5.6, estão apresentados os valores de produtividade do cafeeiro em função dos manejos nas entre linhas, onde se pode observar que a produtividade do café foi maior quando manejado com mucuna-anã, seguido por torta de filtro e testemunha sem capina.

**Tabela 5.6** - Produtividade do cafeeiro em função do manejo das entre linhas - Cândido Mota/SP (2013).

<b>Manejo nas entre linhas</b>	<b>Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Média safras 2010 a 2012</b>	<b>10,20</b>	<b>612,00</b>
Testemunha com capina	28,19 b	1.691,67 b
Testemunha sem capina	32,89 a	1.973,61 a
Torta de filtro	35,85 a	2.150,83 a
Feijão	31,08 a	1.864,86 a
Mucuna-anã	37,02 a	2.221,32 a
Milho	21,08 c	1.264,72 c
Milheto	24,90 b	1.494,31 b
C.V. (%)		10,77
F		12,77 *

\* significativo a 5% do teste F. Letras iguais na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Estes valores estão de acordo com as melhorias constatadas por estes manejos nos atributos químicos do solo, sendo que na mucuna-anã pode ser atribuída à fixação biológica de nitrogênio e pelo aumento da M.O. e  $CTC_{total}$  do solo; na torta de filtro pelo aporte em M.O., Ca, P e Zn; na testemunha sem capina pelo aumento em P, K, Mg, SB, V% e  $CTC_{total}$  e no feijão pode ser atribuído à fixação biológica de nitrogênio.

## 5.5 CONCLUSÕES

Houve incremento de M.O. no solo das entre linhas do cafeeiro, quando o mesmo foi manejado com mucuna-anã e torta de filtro.

A testemunha sem capina promoveu o aumento de P, K, Ca e Mg na camada de 0-10 cm e a torta de filtro promoveu aporte em M.O., Ca, P e Zn.

Os maiores valores de V% e menores valores de H+Al foram obtidos com a testemunha sem capina e torta de filtro.

A  $CTC_{total}$  foi maior, na camada de 0-10 cm, quando nas entre linhas do cafeeiro foi manejado com mucuna-anã e testemunha sem capina.

Os micronutrientes Zn e B se destacaram positivamente quando nas entre linhas do cafeeiro foi semeado milho e milheto.

A maior produtividade foi obtida quando o solo nas entre linhas do cafeeiro foi manejo com mucuna-anã, seguido por torta de filtro, testemunha sem capina e feijão.

## **6 CONCLUSÃO GERAL**

A qualidade nutricional do cafeeiro, bem como as melhorias dos atributos físicos e químicos do solo aliado ao aumento da produtividade do cafeeiro, foram obtidos quando as entre linhas do cafezal foram manejadas com mucuna-anã, seguido por torta de filtro e testemunha sem capina.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Café beneficiado - safra 2013.** Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=48#2248>>. Acesso em: 20, agosto, 2013.

ADORNA, J.C. **Adubação com micronutrientes no plantio da cultura da cana-de-açúcar.** Botucatu: UNESP, 2011. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

ALCÂNTARA, E.N.de; FERREIRA, M.M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 24:711-721, 2000.

ALCÂNTARA, F.A.de; FERREIRA NETO, A.E.; PAULA, M.B.de; MESQUITA, H.A.de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35:277-288, 2000.

ALCÂNTARA, F.A.de; BRANCO, M.C; MELO, P.E.de; SANTOS, R.C.dos. **Consórcio de milho e mucuna-anã visando o manejo sustentável do solo em área de agricultura urbana.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 13p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13).

ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na produção de café durante 30 anos. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, 2009. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2009. (CD-ROM).

ALCÂNTARA, E.N.; NÓBREGA, J.C.A.; FERREIRA, M.M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. **Ciências Rural**, 39:749-757, 2009.

ALMEIDA JÚNIOR, A.B.; NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15:1004-1013, 2011.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, 22:25-36, 2001.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum Agronomy**, 26:27-34, 2004.

ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2505-2516, 2007.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:189-197, 2001.

ARAÚJO, J.B.S.; PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.C.da. Alterações químicas do solo e das folhas de cafeeiro adubado com composto orgânico. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

ARAUJO JUNIOR, C.F. **Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

ARAUJO JUNIOR, C.F.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; PIRES, B.S. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:23-32, 2008.

ARAUJO JUNIOR, C.F.; GUIMARÃES, P.T.G.; PIRES, B.S.; DIAS JUNIOR, M. DE S.; ALCÂNTARA, E.N.; MENDES, A.D.R. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo pelo manejo de plantas invasoras em cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:2207-2217, 2011.

BARBERA-CASTILLO, N.M. **Diversidad de especies de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, em Turrialba, Costa Rica**. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2001. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek–celery intercropping system. **Crop Science**, 41:764-774, 2001.

BAYER, C., MIELNICZUK, J., AMADO, T.J.C., MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a Sandy Clay loam Acrisoleffected tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, 54:101-109, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (2ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BERGO, C.L.; PACHECO, E.P.; MENDONÇA, H.A.de; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazônica**, 36:19-24, 2006.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN Jr., W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:155-163, 2004.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:133-142, 2007.

BERTONCINI, E. I. **Geração e gestão de resíduos da indústria sucroalcooleira**. 3ed. SBERA, 2009. 1p.

BERTONI, J; LOMBARDI-NETO, F. **Conservação do Solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1993. 355p.

BOGNOLA, I.A.; MAIA, C.M.B.F.; DEDECEK, R.A.; ANDRADE, G.C.; MEHL, H.U.; PEIXOTO, R.T.G. **Estabilidade de agregados e DMG determinados por via úmida e via seca, em Latossolo Vermelho-Escuro sob plantios de E. dunnii**. Campinas: Embrapa-NMA, 1998. 3 p. (Comunicado Técnico, 4).

BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1263-1270, 2011.

BRANCALIÃO, S.R.; MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:393-404, 2008.

BSCA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Lista de verificação de sistemas de gestão sócio-ambiental**. Anexo RA 0552.04 ver. 01. 2005.

CALEGARI, A.; MANDORDO, A.; BULISANE, A.E.; WILDER, P. L.; COSTA, B.B.; ALCANTRA, B.P.; MIYOSAKA, S.; AMADO, C.J.T. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C.de; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃESM.deF. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, 27:147-158, 2006.

CALVO, C.L.; FOLONI, J.S.S.; BRANCALIÃO, S.R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, 69:77-86, 2010.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.69-90.

CARMO, D.L.do; NANNETTI, D.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; SANTO, D.J.E.; NANNETTI, A.N.; LACERDA, T.M. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:991-998, 2011a.

CARMO, D.L.do; NANNETTI, D.C.; DIAS JÚNIOR, M.deS.; LACERDA, T.M.; SANTO, D.J.doE.; ALBUQUERQUE, A.D. Contribuições da vegetação espontânea nas propriedades físico-químicas de um latossolo e na nutrição do cafeeiro. **Coffee Science**, 6:233-241, 2011b.

CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.deC.; LOVATO, P.E.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo de fósforo em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39:661-669, 2004.

CARNEIRO, L.F.; BOSQUETTI, L.B.; PADOVAN, P.S.; SALOMÃO, G. B.; PADOVAN, M.P. Densidade e volume total de poros do solo cultivado com adubos

verdes perenes consorciados com a bananeira em um sistema sob transição agroecológica em Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, 07, n.41, 2012. 5p.

CARVALHO, S.R.; BRUAND, A.; HARDY, M.; LEPRUM, J.C.; JAMAGNE, M. Tassement des sols ferrallitiques Podzólico Vermelho Amarelo sous culture de canne à sucre (état de Rio de Janeiro, Brésil): apport d'une analyse de la porosité associée a une connaissance détaillée de la phase minérale. **Série Pedologie: Cahiers Orstom**, 26:195-212, 1991.

CARVALHO FILHO, A.; DA SILVA, R.P.; FERNANDES, A.L.T. **Compactação do solo em cafeicultura irrigada**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2004. 44p. (Boletim Técnico, 3).

CARVALHO, A.J.de; ANDRADE, M.J.B.de; GUIMARÃES, R.J. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado recém-plantado. **Ciência e Agrotecnologia**, 31:133-139, 2007.

CARVALHO, R.; SILVA, M.L.N.; AVANZI, J.C.; CURI, N.; SOUZA, F.S. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, 31:1679-1687, 2007.

CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, A. Influência do cultivo de cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 31:199-209, 2007.

CHAVES, J.C.D.; GUERREIRO, E. Culturas intercalares em lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 24:177-190, 1989.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, 22:53-60, 2001.

CHU, G. X., SHEN, Q. R.; CAO, J. L. Nitrogen fixation and N transfer from peanut to rice cultivated in aerobic soil in an intercropping system and its effect on soil N fertility. **Plant and Soil**, 263:17-27, 2004.

COGO, F.D.; GUERRA, A.R.; CUNHA, R.L.da; ZINN, Y.L. Propriedades do solo em cafezais e suas sucessões no sul de Minas Gerais. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

COLARES, M.F.B.; LIMA, L.A.; SILVA, V.A.; OLIVEIRA, P.M.de; PINTO, R.S.R.; MOREIRA, D.A. Desenvolvimento inicial de cafeeiros no norte de Minas Gerais consorciado com milho e feijão. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2013 - segunda estimativa.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_05\\_14\\_09\\_35\\_12\\_boletim\\_cafe\\_maio\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_14_09_35_12_boletim_cafe_maio_2013.pdf)>. Acesso em: 20, agosto, 2013a.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_09\\_10\\_16\\_05\\_53\\_boletim\\_portugues\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf)>. Acesso em: 20, agosto, 2013b.

CONTE E CASTRO, A.M.; SIVA, S.C.da; PAULETTI, D.R.; SPACKI, A.P.; VACARIN, R.N.D.; SILVA, L.P.E.da; DARTORA, J. Resíduos orgânicos no cultivo de crisântemo e em alguns atributos físicos do solo. **Agrarian**, 1:21-35, 2008.

CONTE E CASTRO, A.M.; BOARO, C.S.F.; RODRIGUES, J.D. Alterações nos atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo distroférico cultivado com crisântemo, após aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Científica Rural**, 1:30-44, 2011.

COSTA, M.B.B.da; CALEGARI, A.; MONDARDO, A., BULISANI, E.A.; WILDNER, L.doP.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

COSTA R.S.C.; LEÔNIDAS F.C.; SANTOS J.C.F.; RODRIGUES V.G.S. Casca de café, leguminosa e plantas daninhas no cafezal em Rondônia. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.65-78.

DIAS M.M.; MACIEL A.L.R.; ANUNCIAÇÃO G.C.F. Avaliação da fertilidade do solo cultivado com cafeeiro cv. rubi em consórcio com leguminosas na região sul de Minas Gerais. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

DUARTE JÚNIOR, J.B.; COELHO, F.C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, 67:723-732, 2008.

EFFGEN, T.A.M. **Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do estado do espírito santo**. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. 91p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997. 212p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas/MG: Embrapa-CNPT, 2003. 17p. (Embrapa-CNPT. Circular técnica, 29).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília/DF: Embrapa Produção de Informação, 2006. 412p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, 22:195-201, 2004.

FERNANDEZ, E.M. CRUSCIOL, C.A.C., THIMOTEO, C.M.S., ROSOLEM, C.A. Soybean nutrition and dry matter yield as affected by phosphorus fertilization and soil compaction. **Científica**, 23:117-132, 1995.

FIDALSKI, J.; CHAVES, J. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) IAPAR-59 à aplicação superficial de resíduos orgânicos em um Latossolo Vermelho distrófico típico. **Coffee Science**, 05:75-86, 2010.

FIGUEIREDO, V.C.; MANTOVANI, J.R.; DIAS, K.G.L.; REIS, T.H.P.; CARVALHO, A.M.de. Fertilidade do solo de lavouras cafeeiras em produção na região do sul de Minas. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

GOMES, A.dosS.; CUNHA, N.S.da; PAULETTO, E.A. Solos de Várzea: Uso e Manejo. In: MARCANTONIO, G. **Solos e irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1992. p.64-79.

GONÇALVES, W.G.; JIMENEZ, R.L.; ARAÚJO FILHO, J.V.de; ASSIS, R.L.de; SILVA, G.P.; PIRES, F.R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, 26:67-75, 2006.

GONTIJO, I.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; ARAUJO JUNIOR, C.F. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2227-2234, 2008.

GUPTA, U.C.; JAME, Y.W.; CAMPBELL, C.A.; LEYSHON, A.J.; NICHOLAICHUK, W. Boron toxicity and deficiency: A review. **Canadian Journal of Soil Science**, 65:381-409, 1985.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. In: Fundação Cargill. (ed.). **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Culturas intercalares. In: **Cultura do café no Brasil: Manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. p.189-194.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FARDIN, M.P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, 67:639-645, 2010.

KAIZZI, C. K., SSALI, H.; VLEK, P. L., G. Differential use and benefits of Velvet bean (*Mucuna pruriens* var. utilis) and N fertilizers in maize production in contrasting agro-ecological zones of E. Uganda. **Agricultural Systems**, 88:44-60, 2006.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical, and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.53-71. (Special. Publication, 35)

KIEHL, E.L. **Manual de edafologia**. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A.; LIBORD, L. P. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 26:857-867, 2002.

KLIEMANN, J.H.; BRAZ, A.J.P.B; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36:21-28. 2006.

LANZANOVA, M.E.; ELTZ, F.L.F.; NICOLOSO, R.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J.; ROCHA, M.R.da. Atributos físicos de um argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 34:1333-1342, 2010.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciências Agrônômica**, 41:29-35, 2010.

LEONIDAS, F.C.; COSTA, R.S.C.; RODRIGUES, V.G.S.; SANTOS, J.C.F. **Manejo de leguminosas em cafezal em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 2p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica 92).

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R. Efeito de algumas práticas conservacionistas vegetativas na produção de café. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Campinas, 1975. **Anais...** Campinas: SBCS, 1976, p.547-550.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1967. 606p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Café – 2013**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=48>>. Acesso em: 20, agosto, 2013.

MARCOLAN, A.L. **Suprimento e absorção de fósforo em solos submetidos a diferentes sistemas de preparo**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 107p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo).

MARTINS, C.A.daS.; PANDOLFI, F.; PASSOS, R.R.; REIS, E.F.; CABRAL, M.B.G. Avaliação da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, 26:79-83, 2010.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005, 438p.

MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem da correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:647-654, 2002.

MELLES, C.C.A.; SILVA, C.M. Culturas intercalares. **Informe Agropecuário**, 4:70-71, 1978.

MORAES, M.H. **Efeito da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja (*Glycine Max* l. *Merrill*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade Estadual de São Paulo, 1988. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

MOURA, J.B.; Marasca, I.; Meneses, L.A.S.; Pires, W.M.; Medeiros, L.C. Resistência a penetração do solo em pastagem cultivada com *Brachiaria decumbens* sob aplicação de dejetos líquidos suínos e cama de frango. **Global Science And Technology**, 05:162–169, 2012.

NARDIN, R.R. **Torta de filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 39p. Dissertação (Mestrado em agronomia).

NUNES JUNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Revista Idea News**, Ribeirão Preto, 8:92:22-30, 2008.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1079-1087, 2002.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; RESCK, D.V.S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:335-344, 2004.

OLIVEIRA, J.C.de; MASSAD, M.D.; DUTRA, T.R.; SARMENTO, M.F.Q.; MATOS, P.S. Uso de leguminosas anuais como adubos verdes na Região Semiárida Mineira(1). In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)).

PAIS, P.S.M.; DIAS JUNIOR, M.S.; SANTOS, G.A.; DIAS, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALCÂNTARA, E.N. Compactação causada pelo manejo de plantas invasoras em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1949-1957, 2011.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; URQUIAGA, S.; FERNANDES, E.P.; PACHECO, L.P. Fixação biológica de nitrogênio por plantas de cobertura cultivadas na entre-linha de cafeeiro Conilon orgânico. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, 2009. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2009 (CD-ROM).

PAULINO, G.M., ALVES, B.J.R., BARROSO, D.G., URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J.A.A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:1598-1607, 2009.

PAULO, E.M.; BERTON, R.S.; CAVICHIOLI, J.C.; BULISANI, E.A.; KASAI, F.S. Produtividade do café apoaã em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. **Bragantia**, 60:195-199, 2001.

PAULO, E.M.; BERTON, R.S.; CAVICHIOLI, J.C.; KASAI, F.S. Comportamento do cafeeiro Apotã em consórcio com culturas anuais. **Bragantia**, 63:275-281, 2004.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the State of Paraná, Brazil. **Turrialba**, 35:131-139, 1985.

PILON, L.C.; PASSOS, R.R.; MENDONÇA, E.S.; PEÇANHA, A.L.; RANGEL, O.J.P.; BURAK, D.L. Fertilidade de um Argissolo coeso sob cultivo de cafeeiro a pleno sol e consorciado com espécies arbóreas. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)).

PIRES, F.R.; CHAGAS, K.; NASCIMENTO, A.F.; PEZZOPANE, J.R.M.; ARAÚJO, R.S.; SOUZA, J.M.de; Reisen, R.D. Resistência do solo à penetração em sistemas consorciados de produção de café conilon. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, 2009. **Anais...** Brasília/D.F: Embrapa - Café, 2009 (CD-ROM).

PITELLI, R.A.; PITELLI, R.L.C.M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAM, E. S. (ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.29-56.

RAGOZO, C.R.A.; LEONEL, S.; CROCCI, A.J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira Fruticultura**, 28:69-72, 2006.

RAIJ, B.van; CAMARGO, C.E.O; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Boletim Técnico 100. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/FUNDAG, 1997. 285p.

RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

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: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa-MG: SBCS, 2007. p.49-134.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1987. p.119-147.

REZENDE, P.M.de; ALVARENGA, G.; ANDRADE, M.J.B.; BARROS, A.T.; RESENDE, G.M. 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**, 25:37-45, 2000.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RICCI, M.S.F.; AGUIAR, L.A. Influência da adubação verde sobre o crescimento, produtividade e teor de nitrogênio no tecido foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob

manejo orgânico. In: III SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Porto Seguro, 2004. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2004 (CD-ROM).

RICCI, M.S.F. **A importância da adubação orgânica para o cafeeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. Disponível em: <[www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat\\_org\\_cafeeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat_org_cafeeiro.html)>. Acesso em: 10, agosto, 2009.

RODRIGUES, M.C.; RODRIGUES, L.B.; ARAÚJO, J.B.S.; SANTOS, R.H.S. Resposta do cafeeiro a adubação orgânica com composto e crotalária. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011 (CD-ROM).

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, 25:679-687, 2007.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Revista Idea News**, 8:78-90, 2008.

SAINI, G.R. Root elongation and plant growth in a basal till compact soil treated with 3,5 - diiodo - 4 - hydroxybenzoic acid and giberellic acid. **Agronomy Journal**, 6: 1067-1070, 1979.

SALUME, J.A.; ROBERTO, C.E.O.; VALENTIM, S.B.; BURAK, D.L.; RUIZ, H.A.; PASSOS, R.R. Planejamento amostral da porosidade do solo em relevo ondulado sob cafeeiro Conilon. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)).

SANTOS, J.C.F.; SOUZA, I.F.; MENDES, A.N.G.; MORAIS, A.R.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; MARINHO, J.T.S. Efeito de cascas de café e de arroz dispostas nas camadas do solo sobre a germinação e o crescimento inicial do caruru-demancha. **Planta Daninha**. 19 (2): 197-207. 2001.

SANTOS, G.A. **Capacidade de suporte de carga de um Latossolo cultivado com cafeeiros sob métodos associados de controle de plantas daninhas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia).

SANTOS, G.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; PAIS, P.S.M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a

diferentes métodos de controle de plantas invasoras na cultura cafeeira. **Coffee Science**, 05:123-136, 2010.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. de A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15:443-449, 2011a.

SANTOS, J.C.F.; CUNHA A.J.da; FERREIRA, F.A.; SANTOS, R.H.S.; SAKIYAMA, N.S. Efeito da consorciação de leguminosa herbácea com café em formação no controle da infestação de plantas daninhas. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011b (CD-ROM).

SANTOS, J.C.F.; CUNHA A.J.da; FERREIRA, F.A.; SANTOS, R.H.S.; SAKIYAMA, N.S. Influência da cobertura do solo com leguminosa perene no controle de plantas daninhas do café do cerrado. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá, 2011. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2011c (CD-ROM).

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química de plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

SILVA, C. L.; KATO, E. Efeito de selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 32:213-220, 1997.

SILVA, R.P.; FERNANDES, A.L.T.; DRUMOND, L.C.D.; FONTANA, G.; OLIVEIRA, C.B. Avaliação da compactação do solo em diferentes níveis de tecnologia de produção de café. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, 2001. **Resumos expandidos...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2001 (CD-ROM).

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:253-260, 2001.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Early development and nutrition of cover crop species as affected by soil compaction. **Journal of Plant Nutrition**, 26:1635-1648, 2003.

SILVA, C.F.; LOSS, A.; SILVA, E.M.R.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F. Alterações químicas e físicas em áreas de agricultura no entorno do parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP. **Revista de Ciências Agrárias**, 46:9-28, 2006.

SILVA, R.F.; Tomazi, M.; Pezarico, C.R.; Aquino, A.M. de; Mercantel, F.M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:865-871, 2007.

SILVA, T.O.da; MENEZES, R.S.C. Adubação orgânica da batata com esterco e/ou *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:39-49, 2007.

SILVA, P.C.G.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B.; TIRITAN, C.S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:1504-1512, 2009.

SILVA, T.C.; IWATA, B.F.; BRAZ, R.S.; BARBOSA, F.E.L.; TEIXEIRA, D.V.; COSTA, M.C.G. Nitrogênio total em solo de bananal manejado com irrigação e adubação verde. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBSCS e EPAGRI, 2013a. (disponível em: [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)).

SILVA, V. M.da; TEIXEIRA, A. F. R.; REIS, E. F. dos; BENASSI, A.C.; MENDONÇA, E. de S. Estoques de carbono e nitrogênio do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBSCS e EPAGRI, 2013b. (disponível em: [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)).

SILVEIRA, H.; NOBREGA, M.T.de; BALDO, M.C. A estabilidade de agregados em Latossolos e Argissolos derivados do arenito caiuá na região noroeste do estado do Paraná - Brasil. **Synergismus Scientifica UTFPR**, 04, 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/604>. Acesso em: 01 Out. 2013.

SIQUEIRA, R.G.; LIMA, C.T.A.; VARGAS, T.O.; PEDROSA, A.W.; OLIVEIRA C.S. de; SANTOS, R.H.S. Influência e efeito de espécies e manejo de adubos verdes no crescimento inicial do café. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, 2009. **Anais...** Brasília/D.F.: Embrapa - Café, 2009 (CD-ROM).

SOUZA, L.S.; LOSASSO, P.H.L.; OSHIWA, M.; GARCIA R.R.; GOES FILHO, L.A. Efeitos das faixas de controle do capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) no

desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Planta Daninha**, 24:715-720, 2006.

SOUZA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43:255-260, 2008.

SOUZA, C.H.E.; FIGUEIREDO, C.C.de; EZEQUIEL JÚNIOR, S.M.; BORGES, E.N. Matéria orgânica e alterações de propriedades físicas e químicas de solo sob sistemas de manejo no cerrado. **Magistra**, 21:226-232, 2009.

SOUZA, B.J.; BARRELLA, T.P.; MOREIRA, G.M.; OLIVEIRA, R.M.de; TEIXEIRA, A.G.; SANTOS, R.H.S. Avaliação vegetativa e produtividade de cafeeiro consorciado com leguminosas por quatro anos consecutivos. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. Fortaleza, 2011. **Resumos Expandidos...** Fortaleza: Cadernos de Agroecologia, 2011. (CD-ROM)

SOUZA, C.M., PIRES, F.R., PARTELLI, F.L.; ASSIS, R.L. **Adubação verde e rotação de cultura**. Viçosa-MG: UFV, 2012a, 108p.

SOUZA, J.L.; PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI M.A. Potencial de seqüestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia**, 30:7-15, 2012b.

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**, 15:229-35, 1991.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, 29:93-99, 2005.

TEIXEIRA, F.C.P.; REINERT, F.; RUMJANEK, N.G.; BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to *Cratylia mollis* using the <sup>15</sup>N natural abundance technique in the semi-arid caatinga region of Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, 38:1989-1993, 2006.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com

feijão-deporco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:497-505, 2010.

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:867-876, 2011.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1039-1047, 2003.

THEODORO, V.C.A.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Desempenho do manejo orgânico na nutrição e produtividade de lavoura cafeeira. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 29:631-638, 2007.

THEODORO, V.; MENDES, A.; GUIMARÃES, R. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos de solo. **Coffee Science**, 04:56-66, 2009.

TIMM, L.C.; PIRES, L.F.; ROVERATTI, R.; ARTHUR, R.C.J.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA, J. C.M.; BACCHI, O.O.S. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Scientia Agricola**, 63:55-64, 2006.

TINTORI, J.L.; SILVA, D.M.da; MOREIRA, G.R.; CUNHA, G.M. Desenvolvimento do Café Arabica (*Coffea arabica* L.) e propriedades químicas do solo em sistema agroflorestal e convencional. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)).

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H.C.A.; MENDONÇA, E.S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 07:150-159, 2012.

TOLFO, A.L.T.; MUNHOZ, G.F.L.G.; SILVA, L.J.L.da; BEGA, R.M.; VIGNA, G.P.; CORÁ, J.E. Atributos químicos do solo em decorrência da aplicação de torta de filtro, gerada no processo de fabricação de açúcar e etanol. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)).

TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistema agrícolas com soja**. Londrina, Embrapa-CNPSoja, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; RESENDE, A.S.de; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R. M. **Contribuição da Fixação de Nitrogênio na Produtividade de Sistemas Agrícolas na América Latina**. Disponível em: <<http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotacap7ID-1aDona7p8o.pdf>> Acesso em: 20, abril, 2013.

VARGAS, J.P.R.de; BOLZAN, L.J.; GUIMARÃES, G.P.; MENDONÇA, E.S. Densidade e Resistência do Solo a Penetração Sob Cultivo de Cafeeiro Agroflorestal e Convencional. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013. (disponível em: [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)).

VILELA, E.F.; FREITAS, M.R.C.; PIANO, P.B.; SANTOS, R.H.S.; MENDONÇA, E.S. Crescimento inicial de cafeeiros e fertilidade do solo adubado com mucuna, amendoim forrageiro ou sulfato de amônio. **Coffee Science**, 06:27-35, 2011.

WILLIAMS, S.M.; WEIL, R.R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society of American Journal**, 68:1403-1409, 2004.

WUTKE, E.B.; TRANI, P.E.; AMBROSANO, E.J.; DRUGOWICH, M.I. **Adubação verde no estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa n. 249, 2009. (Boletim Técnico, 249).