

**SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADOS VISANDO MELHORAR O AMBIENTE
DE PRODUÇÃO DE SOJA NO OESTE PAULISTA**

FABRICIO LOUREIRO DE ALMEIDA

**SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADOS VISANDO MELHORAR O AMBIENTE
DE PRODUÇÃO DE SOJA NO OESTE PAULISTA**

FABRICIO LOUREIRO DE ALMEIDA

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego

633.34
A447s

Almeida, Fabrício Loureiro.

Sistemas de produção integrados visando melhorar o ambiente de produção de soja no Oeste Paulista / Fabrício Loureiro de Almeida. – Presidente Prudente, 2013.

63 f.: (il).

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Juliano Carlos Calonego.

1. Integração Lavoura-Pecuária. 2. Sistemas Semeadura Direta. 3. Rotação de culturas. I. Título.

FABRICIO LOUREIRO DE ALMEIDA

**SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADOS VISANDO MELHORAR O AMBIENTE
DE PRODUÇÃO DE SOJA NO OESTE PAULISTA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 28 de Fevereiro de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego
Universidade do Oeste Paulista –Unoeste
Presidente Prudente – SP

Prof. Dr. Edegar Moro
Universidade do Oeste Paulista -Unoeste
Presidente Prudente - SP

Dr. Rodrigo Arroyo Garcia
Pesquisador Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados - MS

DEDICATÓRIA

*Por ter conseguido realizar este trabalho agradeço a Deus que me deu força,
responsabilidade e determinação para não desistir jamais.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Almerindo minha mãe Lúcia, pelo apoio nesta caminhada, pelos seus ensinamentos e exemplos. A vocês amor eterno

Aos meus irmãos Rafael e Tatiana.

À minha namorada Marina, pelo amor, carinho e apoio na realização deste trabalho, e pela compreensão nos momentos em fiquei ausente para realização deste.

A toda minha família.

Ao professor e orientador Dr. Juliano Carlos Calonego, pela amizade e inestimável contribuição científica e intelectual, sempre dedicado para compartilhar seus conhecimentos.

A todos os professores e funcionários da UNOESTE, pelo apoio e ensino de qualidade.

Aos colegas de faculdade pelo companheirismo e os muitos momentos de alegria compartilhados.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo da vitória é o desejo de vencer”

Mahatma Ghandi

RESUMO

Sistemas de produção integrados visando melhorar o ambiente de produção de soja no oeste paulista

O cultivo de soja é mais arriscado quando se tem condições de solo com baixos teores de argila, baixa retenção de água e chuvas irregulares. Portanto uma manutenção de cobertura morta pode diminuir os riscos para a produção dessa cultura. Visando essa melhoria nas qualidades do solo o sistema de semeadura direta tem sido amplamente adotado no Brasil tendo como benefício a manutenção da cobertura do solo, preservação ou aumento da matéria orgânica e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Dentro desse contexto, o emprego de forrageiras tropicais em sistemas de integração lavoura pecuária e integração lavoura pecuária floresta constitui-se uma excelente opção para a produção de palha e raízes e, dessa forma melhorar a eficiência de uso de água além de melhorar as características químicas e biológicas do solo. Esse experimento consiste de dois capítulos. Capítulo I: Efeito dos sistemas de produção na qualidade do solo e na produtividade de soja no oeste paulista. Capítulo II: Produtividade de soja em diferentes posições entre renques de eucalipto em sistema consorciado. O experimento foi conduzido em área experimental do Campus II da Universidade do oeste paulista em Presidente Prudente (SP), em um Argissolo Vermelho, entre maio de 2010 e março de 2012. Foram testados cinco diferentes sistemas separados em talhões, com dimensões variando entre 1,0 e 1,8 ha e com distância máxima entre eles de 500m. Os sistemas foram: 1) braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto/soja; 2) braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja; 3) amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; 4) Pastagem irrigada; 5) Testemunha com pastagem degradada. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram submetidas estatisticamente pelo teste de Tukey, à 5 % de probabilidade.

Palavras-Chave: Sistemas de Produção; Sistema Semeadura Direta; Rotação de Culturas.

ABSTRACT

Integrated production systems to improve the environment of soybean production in west paulista

Soybean cultivation is extremely risky when you have soil conditions with low clay content, low water retention and irregular rains. Therefore maintenance of mulch can reduce the risks for the production of this culture so important for Brazilian agribusiness. Aiming at improving the qualities of the soil tillage system has been widely adopted in Brazil as having the benefit of maintaining ground cover, preservation or increase organic matter and improve the physical, chemical and biological soil. Within this context, the use of tropical forages in integrated crop and livestock farming livestock integration forest constitutes an excellent option for the production of straw and roots and thus improve the efficiency of water use in addition to improving the chemical characteristics and biological soil. This experiment consists of two chapters. Chapter I: Crop Rotations in different production systems to improve the environment of soybean cultivation in western São Paulo. Chapter II: Productivity of soybean in different positions between rows of eucalyptus in intercropping system. The experiment was conducted in the experimental area Campus II of the University of Western São Paulo in Presidente Prudente (SP) in an Ultisol, between May 2010 and March 2012. We tested five different systems in separate plots, with sizes ranging between 1.0 and 1.8 ha and a maximum distance of 500m between them. The systems were: 1) brachiaria / + Brachiaria eucalyptus / eucalyptus / soybean, 2) brachiaria / corn Brachiaria + / brachiaria / soybean, 3) peanut / brachiaria / soy / brachiaria / soybean; 4) Irrigated Pasture, 5) Witness pasture degraded. The results were submitted to analysis of variance, and means were subjected statistically by Tukey test at 5% probability.

Keywords: Livestock System; No Till System; Crop Rotation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Temperatura média (°C) e chuva (mm) durante o período de realização do experimento (maio/2010 à março/2012).....	24
FIGURA 2	- Massa seca (kg ha ⁻¹) de braquiária antes da semeadura da soja da safra 2011/2012.....	34
FIGURA 3	- Densidade do solo (g cm ³) nos diferentes sistemas de produção, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm	36
FIGURA 4	- Teste de compactação realizado nos diferentes sistemas.....	37
FIGURA 5	- Umidade do solo (m ⁻³ m ⁻³) nos diferentes sistemas em dois horários do dia	38
FIGURA 6	- Temperatura do solo (°C) na camada de 0-5cm nos diferentes sistemas em dois horários do dia	39
FIGURA 7	- Massa seca de raiz (kg ha ⁻¹) envolvendo os sistemas em três camadas do perfil do solo.....	41
FIGURA 8	- Esquema do cultivo consorciado de eucalipto em renques e de soja entre os renques de eucalipto, indicando as posições de amostragens (tratamentos) e do sentido do cultivo em relação ao deslocamento leste-oeste do sol.....	49
FIGURA 9	- Umidade do solo (m ⁻³ m ⁻³) na camada de 0-5 cm nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do dia (8:00 14:00 e 18:00 horas).....	51
FIGURA 10	- Temperatura do solo (°C) na camada de 0-5 cm nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do dia (8:00, 14:00 e 18:00 horas).....	51
FIGURA 11	- Radiação incidente (umol m ² s) nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas).....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Resultado da análise química do solo nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm de profundidade, antes da semeadura da soja 2010/2011.....	27
TABELA 2	- Diagnose foliar da cultura da soja, safra 2011/2012, nos diferentes sistemas de manejos de solo	35
TABELA 3	- Estande de plantas ha^{-1} , n° vagens $planta^{-1}$, vagens vazias $plantas^{-1}$, n° grãos $vagem^{-1}$, massa de 1000 grãos(g) e Produtividade ($Kg ha^{-1}$) para a cultura da soja nos diferentes sistemas estudados	42
TABELA 4	- Estande de plantas ha^{-1} , n° vagens $planta^{-1}$, vagens vazias $plantas^{-1}$, n° grãos $vagem^{-1}$, massa de 1000 grãos(g) e produtividade ($Kg ha^{-1}$) para a cultura da soja nas diferentes posições estudadas.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Sistemas de Produção.....	14
2.2	Rotações de Culturas e Atributos Físicos e Químicos do Solo.....	16
2.3	Temperatura e Umidade do Solo.....	17
2.4	Áreas Degradadas e Renovação com Integração Lavoura Pecuária e Lavoura Pecuária Floresta.....	18
3	CAPITULO I - Efeito dos Sistemas de Produção na Qualidade do Solo e na Produtividade de Soja no Oeste Paulista	20
3.1	RESUMO.....	20
3.2	ABSTRACT.....	21
3.3	INTRODUÇÃO.....	22
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.4.1	Localização e características edafoclimáticas.....	23
3.4.2	Tratamentos.....	24
3.4.3	Instalação e condução dos tratamentos.....	26
3.4.4	Avaliações.....	29
3.4.4.1	Produção de palhada de braquiária antecedendo o cultivo de soja.....	29
3.4.4.2	Densidade e Resistência à penetração.....	30
3.4.4.3	Sistema radicular da soja.....	31
3.4.4.4	Umidade e temperatura do solo.....	31
3.4.4.5	Diagnose foliar da soja.....	31
3.4.4.6	Produtividade de soja.....	32
3.4.4.7	Análise estatística.....	33
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.5.1	Massa seca de braquiária.....	33
3.5.2	Diagnose foliar da soja.....	34

3.5.3	Densidade do solo e resistência à penetração.....	35
3.5.4	Umidade e temperatura do solo.....	37
3.5.5	Sistema radicular de soja.....	39
3.5.6	Produtividade e parâmetros de produção.....	41
3.6	CONCLUSÕES.....	42
4	CAPITULO II - Produtividade de Soja em Diferentes Posições entre Renques de Eucalipto em Sistema Consorciado.....	43
4.1	RESUMO.....	43
4.2	ABSTRACT.....	44
4.3	INTRODUÇÃO.....	45
4.4	REVISÃO DE LITERATURA.....	46
4.5	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.7	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A região oeste paulista é considerada sócio-economicamente como uma das mais carentes do Estado de São Paulo, sendo a atividade agropecuária a base da economia regional, porém, a baixa disponibilidade hídrica nos períodos de outono/inverno e inverno/primavera, somada à baixa retenção de água nos solos devido ao reduzido teor de matéria orgânica e de argila, e à freqüente estiagem que ocorre durante o cultivo da safra de verão (verânicos), dificulta o cultivo de plantas, seja culturas anuais ou perenes.

A produção agrícola e a qualidade ambiental nas regiões tropicais e subtropicais brasileiras dependem diretamente da manutenção e melhoramento dos atributos do solo, onde a construção e a preservação da matéria orgânica torna-se imprescindível. A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o Sistema Semeadura Direta (SSD), tem-se apresentado como uma alternativa para contribuir com a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema (SILVA; ROSOLEM, 2000).

Os principais benefícios do sistema são a manutenção da cobertura do solo, a preservação ou aumento do teor de matéria orgânica e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além dos benefícios do SSD, o crescimento do sistema radicular tem grande importância para o aumento do reservatório de água disponível durante os períodos de estresse hídrico, cada vez mais frequentes durante o ciclo de produção das culturas de verão.

A integração lavoura-pecuária (ILP) em conjunto com o SSD merece destaque nesse contexto (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003), principalmente em solos de extrema fragilidade, como os arenosos, visto que, possibilita a manutenção e, ou, melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Segundo Linch e Bragg (1985), o método mais prático de manipular a estrutura do solo é a inclusão de espécies forrageiras no sistema. Para regenerar a estrutura do solo, é necessário que se promova o aumento da agregação que pode ser obtida pelo aumento da matéria orgânica do solo, (CASTRO FILHO et al., 1991). Além dos benefícios da forrageira para o solo, a ILP permite a cobertura do solo com plantas vivas ou mortas o ano todo, seja com a produção de pasto em uma época (outono-inverno) normalmente de baixa produção e possibilita a produção de palha antes da semeadura da cultura de verão.

Aliado ao SSD, a agrossilvicultura é vista como uma alternativa muito promissora para os produtores rurais. A implantação da floresta com as culturas agrícolas e com a pecuária oferece uma alternativa para enfrentar os problemas de baixa produtividade, de escassez de alimentos, de degradação ambiental generalizada e de redução de riscos de perda de produção pela diversificação de atividades. Além da maior possibilidade de fixação do homem no campo, possibilita a recuperação de pastagens degradadas e o estabelecimento de pastos com boa produtividade e valor nutritivo, além de ampliar o tempo de disponibilidade de forragem verde para os animais durante o ano e de promover ambiente mais favorável aos animais, o que reflete em ganhos na produção.

Diante dessas considerações o presente estudo foi composto por 2 trabalhos, sendo o primeiro como objetivo de avaliar a qualidade do solo e produtividade da soja em diferentes sistemas de produção e o segundo teve como objetivo avaliar a influência do sombreamento causado pelas plantas de eucalipto na produtividade da soja cultivada em consórcio em sistema agrossilvipastoril, na região do oeste paulista

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de Produção

O rendimento de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende, dentre outros, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável, na literatura, o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo (FAGERIA; SANTANA; MORAIS,1995; CARMO, 1997).

O SSD tem sido amplamente adotado no Brasil, contribuindo para a preservação ambiental e a sustentabilidade da produção agrícola. Os principais benefícios do sistema são a manutenção da cobertura do solo, a preservação ou aumento do teor de matéria orgânica e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (EMBRAPA, 2009).

Os resultados de literatura indicam que os rendimentos da cultura da soja, ao se considerar o efeito médio de várias safras, geralmente se equivalem nos

diferentes sistemas de manejo do solo, com pequena vantagem para o SSD (MUZILLI, 1981; LANDERS, 1995). Entretanto, superioridade no rendimento desta cultura devido à aração ou escarificação foi relatada por Kochhann e Denardin (1997), Balbino e Oliveira (1992) e Guedes; Wiles; Veddato (1978). Segundo Santos, Lhamby e Spera (2006), na média das safras e independente de rotação, a soja cultivada sob SSD e sob cultivo mínimo apresenta maior rendimento de grãos, maior peso de 1.000 grãos e maior estatura de plantas, que a soja cultivada sob preparo convencional de solo com arado de discos ou com arado de aivecas.

Segundo dados da Embrapa (2008), normalmente nos primeiros anos sob SSD, observa-se menores produtividades da soja em relação ao plantio convencional. Nesta fase, que dura aproximadamente quatro anos, denominada de crítica para o SSD, a produtividade é em média 9% inferior. Em condições de solo compactado, Calonego e Rosolem (2010) verificaram que a produtividade da soja em áreas sob SSD passou a ser maior que em área sob cultivo mínimo após quatro anos de adoção das rotações de culturas, em função da melhoria do ambiente radicular.

Os primeiros resultados de rendimento de soja em ILP foram divulgados por Broch et al. (1997), os quais observaram melhores rendimentos de soja, cv. FT Lider, em palhada de *B. brizantha* e pior na monocultura da leguminosa; Pitol, Gomes e Erbes (2001), obtiveram rendimentos de soja, sob palhada de braquiárias, em solos anteriormente cobertos por pastagens degradadas, variando de 2404 kg ha⁻¹ a 3468 kg ha⁻¹. O bom desempenho da soja em áreas anteriormente cobertas por braquiária pode ser devido, dentre outros, ao melhor enraizamento da planta antecessora.

Uma outra alternativa para a preservação ambiental e sustentabilidade da produção agrícola é a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), onde tem-se uma produção que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação. Melo, Moura e Fialho (1994) citam o consórcio entre eucalipto e soja como exitoso em áreas de cerrado. O efeito da sombra das árvores pode ser importante para reduzir a evapotranspiração, proporcionando maior disponibilidade de água no solo, principalmente em períodos de baixa precipitação (SOUZA et al., 2010). Além disso, o componente arbóreo pode servir como quebra vento reduzindo a transpiração da soja. Esses benefícios podem contribuir expressivamente para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários em

regiões com chuvas mal distribuídas e com solos com baixa capacidade de retenção de água.

2.2 Rotações de Culturas e Atributos Físicos e Químicos do Solo

O uso agrícola do solo dentro dos sistemas de produção altera alguns dos seus atributos. Estas alterações se mostram, em geral, na densidade do solo, no volume e na distribuição de poros, no aumento do volume de poros e da permeabilidade do solo, dentro da camada preparada convencionalmente, facilitando o armazenamento de ar e crescimento das raízes nesta camada, em relação à semeadura direta e campo nativo (BERTOL et al., 2001). Estudos como os de Bertol et al. (1998), Aita et al. (2001), Oliveira et al. (2004), Torres et al. (2005), Espíndola et al. (2006), Boer et al. (2007), Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito (2007) e Torres, Pereira e Fabian (2008) conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas, demonstraram os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo, nos seus atributos químicos, físicos e no rendimento das culturas que posteriormente são cultivadas. Estas alterações são decorrentes da produção de massa seca, acúmulo e liberação de nutrientes após a decomposição dos resíduos. O cultivo de plantas de cobertura do solo em rotação de culturas com sistemas radiculares explorando diferentes volumes de solo proporciona reciclagem de nutrientes (BOER et al. 2007). Com a decomposição dos resíduos vegetais destas coberturas são liberados nutrientes que contribuem para aumentos na produtividade do milho (LARA CABEZAS et al., 2004) e da soja (CARVALHO, 2004) ou mantêm as produtividades destas culturas (ANDRIOLI, 2004; BERTIN; ANDREOLI; CENTURION, 2005).

Estudos desenvolvidos por Santos e Reis (1990) concluíram que as culturas antecessoras tiveram efeito sobre a altura de plantas, número de vagens, número de grãos e peso de grãos por planta e peso de 1000 sementes. Observaram também que a soja cultivada em sucessão a colza apresentou menor produtividade. Campos et al. (1999) e Wohlenberg et al. (2004) verificaram que a seqüência de culturas com a sucessão de gramíneas e leguminosas favoreceu a maior agregação do solo. Os autores atribuíram este comportamento ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à

agregação pela ação das raízes, cobertura do solo, fornecimento de material orgânico e conservação da umidade favorável à ação dos microrganismos.

Em experimentos sob SSD por oito anos em Goiás, utilizando a braquiária como cobertura do solo, Kluthcouski et al. (2000) verificaram que a rentabilidade da soja semeada sobre os resíduos culturais desta cobertura se estabilizou ao longo do período avaliado.

2.3 Temperatura e Umidade do Solo

A implantação de culturas de cobertura e a manutenção dos restos culturais na superfície do solo vêm sendo utilizadas como alternativa para diminuir as variações de temperatura do solo, reduzir as perdas por erosão, reter maior quantidade de água e promover maiores rendimentos dos cultivos agrícolas, além de diminuir a evaporação de água e o escoamento superficial, elevando a taxa de infiltração (BRAGAGNOLO; MIELNICZUCK, 1990). De acordo com Torres (2003), a temperatura e a umidade do solo são afetadas por vários fatores, entre os quais a radiação solar incidente, a precipitação e a quantidade de água que infiltra.

Miyasaka et al. (1966) perceberam que, ao manter cobertura morta sobre o solo ou incorporá-la, houve amenização na variabilidade térmica do solo, manutenção de maior umidade e condições propícias para formação de nódulos no feijoeiro. Bragagnolo e Mielniczuk (1990) afirmam que a cobertura do solo reduz a perda de água por evaporação, além de diminuir as oscilações da temperatura do solo, dependendo da insolação e da umidade do solo. Para a cultura do milho e da soja a temperatura ideal para germinação e crescimento de plântulas situa-se entre 25 e 35°C (LAL, 1974). Temperaturas superiores às ideais, na fase de estabelecimento, podem causar prejuízos quanto à redução do crescimento ou de redução na germinação. As práticas de manejo das culturas podem alterar significativamente a temperatura do solo, pela configuração da superfície e pela percentagem de resíduos em superfície (POTTER; CRUSE; HORTON, 1985). Um dos efeitos dos resíduos vegetais deixados em superfície em sistemas conservacionistas é a ampla diminuição da temperatura do solo aos 5 cm, na qual se situa a zona de plantio (GUPTA; LARSON; LINDEN, 1983; JOHNSON; LOWERY, 1985). Segundo Potter, Cruse e Horton (1985), em estudos de efeito do manejo nas propriedades do solo, os autores observaram que a temperatura máxima decrescia

na seguinte ordem: cultivo convencional, escarificado e plantio direto, de acordo com o respectivo aumento do grau de cobertura do solo de 2, 27 e 60%, respectivamente.

Segundo (BRAGAGNOLLO; MIELNICZUK, 1990), houve uma diminuição das temperaturas máximas do solo em SSD. Em estudos de Sidiras e Pavan (1986), as menores temperaturas do solo nas profundidades de 3 e 6 cm foram observadas no SSD em relação ao preparo convencional, devido aos resíduos vegetais na superfície, que atuaram como isolante térmico. No verão, temperaturas registradas às 14:00 horas, próximas a superfície do solo, frequentemente excederam a 40°C no preparo convencional e foram inferiores a 35°C no SSD.

2.4 Áreas Degradadas e Renovação com Integração Lavoura Pecuária e Lavoura Pecuária Floresta

A degradação de pastagens é apontada como um dos grandes problemas da agropecuária nacional. Dias Filho (2007) define a pastagem degradada como sendo uma área com acentuada diminuição da produtividade agrícola ideal (diminuição da capacidade de suporte ideal), podendo ou não ter perdido a capacidade de manter produtividade biológica (acumular biomassa) significativa. Dentre os fatores mais importantes relacionados com a degradação das pastagens destacam-se o manejo animal inadequado e a falta de reposição de nutrientes. É nesse cenário que a estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta, que contempla os sistemas integração lavoura-pecuária, silviagrícolas, silvipastoris e agrossilvipastoris (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011), tem sido apontada como alternativa para conciliar esses conflitos de interesse da sociedade. De acordo com Wilkins (2008), os sistemas mistos de produção agrícola são mais sustentáveis do que os sistemas especializados em produção de grãos e fibra. Vários sistemas de integração lavoura-pecuária são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da fazenda. Cobucci et al. (2007) descreve, por exemplo, o Sistema Barreirão, como um sistema lançado em 1991 como uma alternativa para formação de pastagens em novas áreas e recuperação e/ou renovação de pastagens degradadas. Este é um sistema que utiliza o plantio simultâneo de culturas anuais com forrageiras e tem como objetivo principal a

recuperação/renovação de pastagens degradadas. Os autores também citam o “Sistema Santa Fé”, que consiste na produção consorciada de culturas anuais com forrageiras tropicais, em sistema de plantio direto ou convencional, em áreas de lavoura, com solo parcial ou devidamente corrigido, objetivando produzir forragem na entressafra e/ou palhada para o sistema plantio direto no ano agrícola subsequente. As culturas utilizadas no sistema são: milho, milheto, sorgo, arroz, soja e girassol, dentre outras. Com relação às forrageiras, destacam-se aquelas do gênero *Brachiaria*.

Já modelos de integração lavoura pecuária floresta também dependem do produtor e das características edafoclimáticas e mercadológicas. Segundo Porfirio-da-Silva (2010), atenção especial deve ser dada à seleção da espécie, finalidade de uso e arranjo espacial. Para energia (carvão), madeira para escoras, postes ou toras para serrarias, o número de árvores por unidade de área irá diminuindo, respectivamente, bem como aumentando os espaçamentos. Havendo maior interesse pela produção agrícola deve-se adotar maior espaçamento entre as linhas de árvores, como forma de diminuir o sombreamento nas faixas de plantios das lavouras. Resultados relatados por Reis et al. (2007) apresentaram uma produtividade de arroz de 1.800 kg ha⁻¹ (30 sacas ha⁻¹), no ano de implantação de um Sistema ILPF com eucalipto em espaçamento de 9 ou 10 m entrelinhas, e de 3 e 4 m entre árvores, na linha. O componente animal é o que apresenta maior flexibilidade dentro do sistema, porque as pastagens ajustam-se bem a diferentes arranjos das árvores. Entretanto, essas diferentes possibilidades não modificam a essência das tecnologias, podendo apenas interferir no período de ocupação de cada componente em particular dentro do conjunto das atividades agrossilvipastoris.

3 CAPÍTULO I - Efeito dos Sistemas de Produção na Qualidade do Solo e na Produtividade de Soja no Oeste Paulista

3.1 RESUMO

Efeito dos Sistemas de Produção na Qualidade do Solo e na Produtividade de Soja no Oeste Paulista

A adoção de rotação de culturas e ausência de revolvimento de solo pode interferir na qualidade química, física e estrutural do solo principalmente em regiões tropicais. O objetivo desse estudo foi avaliar qualidade do solo e produtividade de soja em diferentes sistemas de produção. O experimento foi conduzido em área experimental do Campus II da Universidade do oeste paulista em Presidente Prudente (SP), em um Argissolo Vermelho, entre maio de 2010 e março de 2012. Foram testados cinco diferentes sistemas separados em talhões, com dimensões variando entre 1,0 e 1,8 ha e com distância máxima entre eles de 500m. Os sistemas foram: 1) braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto/soja; 2) braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja; 3) amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; 4) Pastagem irrigada; 5) Testemunha com pastagem degradada. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram submetidas estatisticamente pelo teste de Tukey, à 5 % de probabilidade. A produtividade de soja foi maior no sistema de sucessão braquiária/soja por dois anos, em área de reforma de pastagem com preparo convencional e cultivo de amendoim. O sistema de iLPF aumenta a densidade do solo em subsuperfície, reduzindo a produção de raízes de soja. O cultivo de eucalipto em renques proporciona maior umidade do solo mesmo sem reduzir sua temperatura. A diversificação dos sistemas de produção melhora a qualidade física no perfil do solo, quando comparados a pastagem degradada.

Palavras-Chave: Rotação de culturas; Plantio direto; ILP; ILPF.

3.2 ABSTRACT

Effect of production systems on soil quality and productivity of soybean in West Paulista

The adoption of crop rotation and no tilling of soil can interfere with quality chemical, physical and structural soil mainly in tropical. The aim of this study was to assess soil quality and productivity of soybean in different production systems. The experiment was conducted in the experimental area Campus II of the Universidade do oeste paulista, in Presidente Prudente (SP), in an Ultisol, between May 2010 and March 2012. Five different systems were tested in separate plots, with dimensions ranging between 1.0 and 1.8ha and a maximum distance of 500m between them. The systems were: 1) brachiaria/eucaliptus+brachiaria/eucaliptus/soybean; 2) brachiaria/corn+brachiaria/brachiaria/soybean; 3) peanut/brachiaria/soybean/brachiaria/soybean; 4) irrigated pasture; 5) Witness with degraded pasture. The results were submitted to analysis of variance, and means were subjected statistically by Tukey test at 5% probability. Soybean yield was larger in succession brachiaria/soybean for two years in a reform area of grassland with conventional tillage and cultivation of peanuts. The iFLF system increases the density of subsurface soil, reducing the production of soybean roots. The cultivation of eucalyptus in rows provides greater soil moisture without reducing its temperature. The diversification of production systems improves the physical quality in the soil profile when compared to degraded pasture.

Keywords: Crop rotation; No Tillage; ILP; ILPF.

3.3 INTRODUÇÃO

Solos tropicais são altamente dependentes da matéria orgânica, tanto no perfil explorado pelas raízes, como na superfície do solo. Moreira et al. (1999), verificaram que se a superfície do solo for totalmente protegida com palhada, ocorre uma redução de aproximadamente 40% na necessidade de irrigação, resultante da melhor conservação da água no perfil. Por outro lado, manejos do solo baseados no seu revolvimento, invariavelmente aceleram o processo de decomposição da matéria orgânica (KLUTHCOUSKI, 1998; RESCK; SILVA; PEREIRA, 1994), sobretudo pela exposição dos resíduos orgânicos ao maior ataque dos organismos decompositores.

A monocultura da soja tem sido reportada como uma das piores alternativas em relação à produção e manutenção de matéria orgânica no solo, observando-se redução contínua ao longo dos anos (RESCK; SILVA; PEREIRA, 1994). Mesmo a rotação de culturas anual tem tido efeito negativo na conservação da matéria orgânica do solo. Na sucessão soja/milho, o teor de MO no solo decresceu de cerca de 3,7 % para 2,5% no período de 18 anos (SOUSA et al., 1997). Silveira e Stone (2001) relataram que, independente do sistema de manejo do solo, inclusive no SSD, em 12 cultivos consecutivos, rotações envolvendo arroz, feijão, milho, soja, trigo e arroz consorciado com calopogônio, não alteraram o teor de matéria orgânica do solo. Em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, dos Cerrados, com textura argilosa, Nascimento, Melo e Neptune (1988) concluíram que diversas modalidades de rotação de culturas, envolvendo milho, arroz, soja e lab-lab, não causaram variações significativas no estoque de carbono total do solo, no período de três anos.

Silva, Lemainski e Resk (1994) concluíram que a perda de matéria orgânica, na camada de 0-15 cm, observada em cinco anos de monocultivo da soja, resultou em decréscimos de 80%, 76%, e 45% do estoque inicial de matéria orgânica, respectivamente, na Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho Amarelo (15-30% de argila) e Latossolo Vermelho Amarelo (com mais de 30% de argila). Paralelamente à redução da matéria orgânica, verificaram, neste período, decréscimo na CTC estimada em pH 7,0 em todos os grupos de solo. A redução na Areia Quartzosa foi de 61%, em relação ao valor inicial, e de 29% nos Latossolos.

Tem sido observado que a manutenção e principalmente a elevação da matéria orgânica do solo depende do cultivo de espécies vegetais com alta produção de matéria seca, tanto de raízes como da parte aérea, e alta relação C/N. A inclusão do sorgo, por exemplo, no sistema de rotação tem resultado em acúmulo de MO no solo (KLUTHCOUSKI, 1998).

Na literatura são comuns os resultados benéficos da produção de soja quando essa leguminosa é cultivada sobre a palhada de braquiárias (PITOL; GOMES; ERBES, 2001; BROCH, 1997; SALTON, 2001). As forrageiras tropicais, tais como as braquiárias, são conhecidas pela adaptação às condições de clima e solos tropicais e produzem matéria seca em abundância e durante todo o ano, se as condições de temperatura e de umidade do solo forem favoráveis. Solos sob pastagem de braquiária bem manejados são reportados como ricos em matéria orgânica, cujos teores são inclusive maiores que os dos Cerrados virgens (SEGUY et al., 1992). Barber e Navarro (1994) verificaram que o *Panicum maximum* e a *Brachiaria brizantha* foram eficientes em aumentar a matéria orgânica em um solo degradado.

Desta maneira, uma das melhores opções para se elevar à matéria orgânica do solo é o estabelecimento sistemático da rotação lavoura-pastagem. Kanno et al. (1999) concluíram que a *Brachiaria brizantha* é a melhor opção a ser introduzida na rotação cultura anual/pastagem para melhorar a qualidade do solo, em termos de quantidade e distribuição de biomassa radicular.

Formas de uso da terra que agregam retorno econômico a serviços ambientais além de melhoria nas características do solo estão sendo procuradas cada vez mais. A implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris atendem estes requisitos ao integrar a atividade florestal e pecuária. Dessa forma, objetivo-se com esse estudo avaliar a qualidade do solo e produtividade de soja em diferentes sistemas de produção.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização e características edafoclimáticas

O experimento foi conduzido em área de produção Fazenda da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente-SP, em um

solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) entre maio de 2010 e março de 2012.

A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas: 22° 07' 32" Latitude Sul e 51° 23' 20" Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 475 metros e relevo suave ondulado.

O clima da região de Presidente Prudente-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Foram coletados dados diários de chuva e temperatura, que estão apresentados na Figura 1.

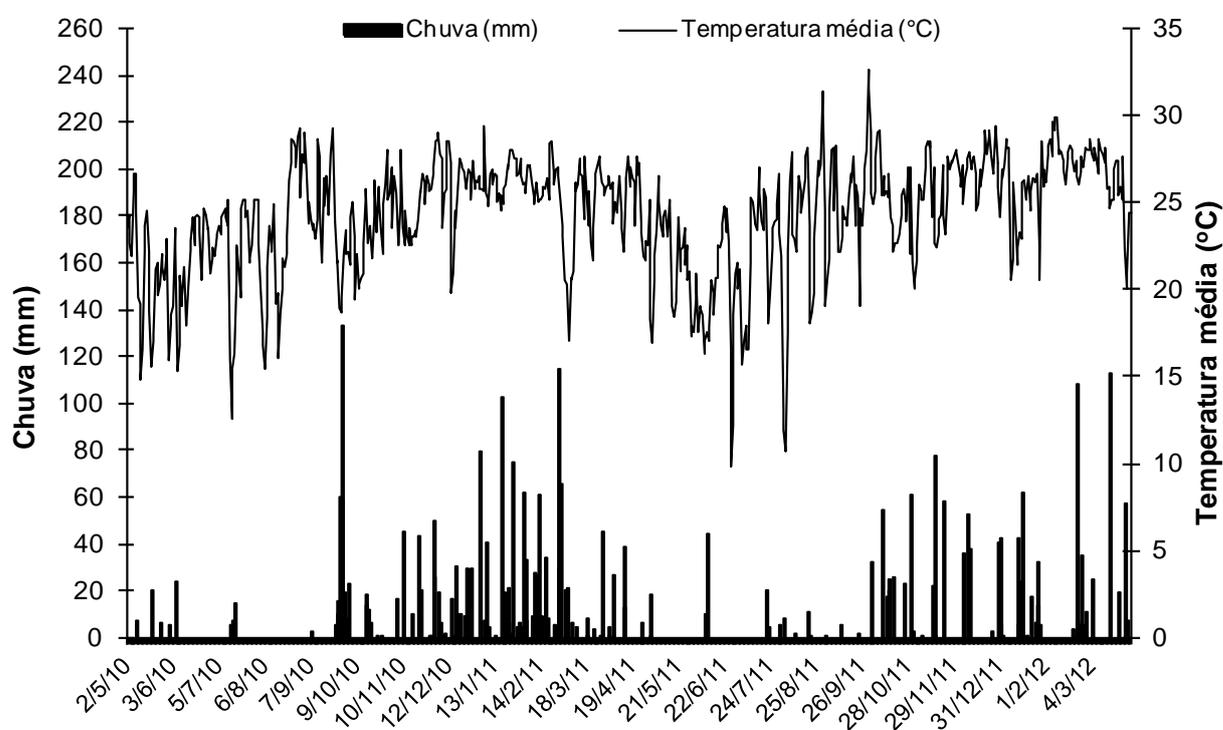


FIGURA 1. Temperatura média (°C) e chuva (mm) durante o período de realização do experimento (maio/2010 a março/2012).

Fonte: Estação meteorológica da Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente (SP).

3.4.2 Tratamentos

O experimento foi constituído de cinco tratamentos envolvendo diferentes ocupações do solo e sistemas de manejo, realizadas em cinco diferentes

talhões, com dimensões variando entre 1,0 e 1,8 ha e com distância máxima entre eles de 500m.

Sistema 1: Integração Lavoura Pecuária Floresta(iLPF)

(braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja)

Em dezembro de 2009 foi realizado o plantio de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), em esquema de renques. Foram plantados três renques, sendo cada renque composto por três linhas com espaçamento entre linhas e entre plantas (na linha) de 3 e 1 m, respectivamente. Entre cada renque foi deixado um espaçamento de 15 m, onde na mesma ocasião do plantio das mudas foi semeado braquiária (*Brachiaria brizantha*). Em outubro de 2010 a braquiária foi dessecada para produção de palhada, sobre a qual foi semeada a soja (*Glycine max*) em Sistema Semeadura Direta (SSD). Em fevereiro de 2011 semeou-se novamente a braquiária (a lanço), que foi mantida na área até novembro de 2011, quando semeou-se novamente a soja.

Sistema 2: Integração Lavoura Pecuária (iLP)

(braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/milho+braquiária/braquiária/soja)

Em dezembro de 2009 foi dessecada a braquiária já existente na área e foi realizada a semeadura do milho em consórcio com a forrageira no sistema “Santa Fé”. Após a colheita do milho foi mantida a braquiária para pastejo no período de outono/inverno/primavera de 2010. Em outubro de 2010 a forrageira foi dessecada para a semeadura da soja em SSD. Em fevereiro de 2011 semeou-se novamente o milho juntamente com a braquiária (Sistema Santa Fé), sendo que em junho de 2011 colheu-se o milho e manteve-se a braquiária até novembro de 2011, quando a forrageira foi dessecada para semeadura da soja.

Sistema 3: Sucessão braquiária/soja em área anteriormente cultivada com amendoim em preparo convencional

(amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja)

Essa área havia sido cultivada com amendoim (novembro de 2009 a março de 2010) em sistema de preparo convencional com aração e gradagem. Após

a colheita do amendoim (março de 2010) foi realizado novamente uma gradagem niveladora e em seguida a sementeira da *Brachiaria brizantha* para a formação do pasto. Em novembro de 2010, após dessecação da forrageira, foi semeada a soja em SSD. Após o cultivo da soja da safra 2010/2011, fez-se uma dessecação da área e semeou-se *B.brizantha* a lanço. Em Novembro de 2011 fez-se a dessecação da braquiária para sementeira da soja da safra 2011/2012.

Sistema 4: Pastagem irrigada

Esse tratamento constitui de pastagem *B. brizantha*, já instalada na área, em condições de suplementação hídrica.

Sistema 5: Testemunha com pastagem degradada

Nessa área foi mantida a pastagem solteira (já instalada) sem irrigação, sendo utilizada como área de referência (testemunha) para verificar o efeito dos outros manejos na qualidade física do solo.

3.4.3 Instalação e condução dos tratamentos

Em outubro de 2010 foram coletadas amostras de solo na camada de 0-5, 5-10 e 10-20 cm para caracterização química dos talhões (tabela 1), de acordo com Rajj et al. (1997).

Para o estabelecimento do sistema 1, no dia 10/12/2009 foram plantadas mudas de *Eucalyptus grandis* (eucalipto) no espaçamento de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas (3x1) no sentido das curvas de nível presente na área em quatro renques espaçados em 15 m cada. Foi aplicado no sulco de plantio 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK 4-30-10. Após o plantio do eucalipto foi semeada a *Brachiaria brizantha* a lanço com 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis em uma faixa de 13 m no centro do espaçamento entre os renques de eucalipto. Após 6 meses do plantio do eucalipto foi realizado o manejo da forrageira (corte a 20 cm de altura do solo) com roçadeira para evitar a competição por água, luz e nutrientes com as plantas de eucalipto.

TABELA 1. Resultado da análise química do solo nas camadas de 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm de profundidade, antes da semeadura da soja 2010/2011

Sistema	pH	M.O.	P	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ³	mg dm ³	-----mmolc dm ³ -----			----- %-----			
Camada de 0 a 5 cm										
1	5,3	21	27	20	3	20	9	32	51	62
2	5,3	21	28	20	3	20	9	32	51	62
3	5,9	19	23	15	3	16	7	26	41	63
4	4,9	32	24	26	1	21	7	30	55	54
5	5,5	23	33	18	3	24	8	35	53	67
Camada de 5 a 10 cm										
1	5,2	16	16	18	2	20	7	28	46	62
2	5,0	18	20	22	3	18	5	27	49	56
3	4,9	15	10	18	3	13	3	20	37	53
4	4,9	21	18	22	1	22	6	29	51	58
5	5,8	19	55	17	2	30	9	41	58	71
Camada de 10 a 20 cm										
1	5,3	12	5	17	2	20	6	28	45	63
2	5,3	11	7	19	4	20	6	30	48	61
3	5,1	10	8	16	3	13	3	19	35	55
4	5,4	16	18	16	1	21	6	28	44	64
5	6,1	14	33	14	1	26	9	36	50	73

Sistema 1 = braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 =braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/ milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/ soja/braquiária/soja; sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada;

No sistema 2, quinze dias antes da semeadura do milho, foi realizado uma dessecação com herbicida glifosato (3,3 kg de i.a. ha⁻¹) e 2,4-D-dimetilamina (576 g do i.a. ha⁻¹). No dia 15/11/2009 foi semeado o milho híbrido Agrocere 5055 com espaçamento de 0,90 cm entre linhas e distribuição de sementes na linha de forma que permitisse uma população inicial de 80.000 plantas ha⁻¹. As sementes de milho foram previamente tratadas com fungicida (60 g Carboxin + 60 g Thiram por 100 kg de sementes) e inseticida Thiodicarb (700 g do i.a. por 100 kg de sementes). Foi realizado a aplicação de herbicida atrazina (1,5 kg do i.a. ha⁻¹) 15 dias após

emergência da cultura para controle de dicotiledôneas. No estágio V6 foi realizado adubação de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de uréia à lanço. Após a semeadura do milho foi semeada braquiária à lanço na quantidade de 10kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. Após a colheita manual do milho, a braquiária foi mantida na área para a produção de pasto nas estações de outono-inverno.

No sistema 3, dez dias antes da semeadura do amendoim foi realizado uma dessecação com herbicida glifosato (3,3 kg de i.a. ha⁻¹), Após a dessecação realizou-se uma gradagem pesada, uma subsolagem e uma gradagem niveladora. O cultivar de amendoim utilizado foi o Runner 886, a semeadura foi realizada dia 08/11/2009 no espaçamento de 0,9 m entrelinhas e 12 sementes por metro utilizando 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 04-30-10. As sementes foram tratadas com os fungicidas fludioxonil + metalaxyl-M (0,15 L. do p.c. por 100 kg de sementes) e com inseticida thiamethoxam (100 g do p.c. por 100 kg de sementes), pouco antes da semeadura. Quando as plantas de amendoim apresentavam o quarto quadrifólio foi feito o herbicida imazapic (0,08 kg dop.c. ha⁻¹). Para controle de pragas e doenças foi realizada pulverização com o inseticida tiametoxam + cipermetrina (0,25 l p.c.ha⁻¹) e o fungicida epoxiconazole + pyraclostrobin (0,6 L p.c. ha⁻¹). Após realizada a colheita manual do amendoim (março de 2010) a área foi preparada com gradagem niveladora e em seguida semeada a *Brachiaria brizantha* a lanço com 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis para formação de pasto. Para o cultivo de soja (sistemas 1, 2 e 3), na safra 2010/2011 não foi realizado a colheita por não ter ocorrido enchimento das vagens, provavelmente devido à deficiência de nitrogênio constatada visualmente. Outro indício que tenha ocorrido deficiência de N foi a existência inexpressiva de nódulos viáveis nas raízes, mesmo com inoculação das sementes conforme (EMBRAPA, 2008). No entanto, são comuns os relatos de pouca nodulação de soja em solos anteriormente cultivados com pastagem (Vieira Neto et al., 2008). Para safra 2011/2012 quinze dias antes da semeadura a área foi dessecada com herbicida glifosato (3,3 kg de i.a. ha⁻¹). A semeadura foi realizada no dia 18/11/2011 com espaçamento entre linhas de 0,45m e com, aproximadamente, 18 sementes por metro de linha, da variedade Brasmax Potência, utilizando semeadora/adubadora desenvolvida para o SSD, munidas de discos de corte e hastes escarificadoras, com a finalidade de demarcar as linhas e depositar o adubo nos sulcos de semeadura. Foram aplicados 340 kg ha⁻¹ de 04-30-10. No dia da semeadura as sementes foram tratadas com fungicida (50 g de carboxim + 50 g de

thiram por 100 kg de sementes), micronutrientes cobalto e molibdênio (200 ml em 40 kg de sementes), mais 6 vezes a dose recomendada de inoculante, sendo metade da dose na forma líquida e a outra metade na forma de turfa. No estágio V4 foi realizado a aplicação de 65 kg ha⁻¹ de KCl e aplicação de herbicida glifosato (1,4 kg de i.a.ha⁻¹) para controle de plantas daninhas, mais inseticida acefato (315 g i.a. ha⁻¹) para controle de vaquinha e percevejo. Em R2 da soja foi realizado a pulverização de herbicida glifosato (1,4 kg. i.a. ha⁻¹) e inseticida acefato (315 g i.a. ha⁻¹) para controle de plantas daninhas e percevejo respectivamente. Em R3 e R4 foi realizada a aplicação do fungicida(30 g de piraclostrobina + 79,8 g de epoxiconazol ha⁻¹) para controle da ferrugem asiática, mais inseticida deltametrina (2 g i.a. ha⁻¹). O controle de lagarta falsa medideira foi realizado com inseticida (215 g de metomil ha⁻¹). A colheita da soja foi realizada no dia 17/03/2012.

A irrigação da pastagem do sistema 4 foi por aspersão, por meio de um sistema de irrigação já instalado na área, sendo que a umidade do solo foi mantida em torno de 60% da capacidade de campo. No sistema 5, a pastagem foi mantida sem suplementação hídrica, já apresentando sintomas de degradação, caracterizando grande parte das áreas de pastagem do oeste paulista.

3.4.4 Avaliações

Para as avaliações do experimento foram coletadas amostras, em quatro repetições, de forma aleatória dentro dos talhões que compõem cada sistema. Essas amostras foram coletadas na safra 2011/2012.

3.4.4.1 Produção de palhada de braquiária antecedendo o cultivo da soja

No momento da dessecação da braquiária para a semeadura da soja, em novembro de 2011, fez-se a amostragem da forrageira para determinar a produção de palhada. Utilizou-se um gabarito (quadrado de madeira de 0,5 m²), que foi lançado aleatoriamente na área, sendo cortadas, rente ao solo, as plantas contidas no seu interior. As plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 60°C, onde permaneceram até atingirem peso constante. Em seguida foram pesadas em balança de precisão para determinação da massa de matéria seca produzida por unidade de área.

3.4.4.2 Densidade e resistência à penetração

Para a avaliação da densidade do solo (D_s), foram realizadas antes da semeadura da cultura de verão no ano de 2011, coletas de amostras não deformadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20cm de profundidade, com auxílio de anel volumétrico (cilindro de aço) com 50 mm de diâmetro e 50 mm de altura, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997) e Kiehl (1979). Antes das coletas os anéis foram pesados para determinar a tara dos anéis. Após a coleta das amostras, o material foi levado para estufa para secagem por 48 horas a 105°C e em seguida os mesmos foram pesados em balança de precisão (0,01g) quando determinou-se a massa seca das amostras, descontando-se a massa dos anéis vazios (tara). Para determinar a densidade do solo foi utilizado a equação 1.

$$\text{Equação 1: } D_s = M/V$$

Onde: D_s = densidade do solo (g dm^{-3}); M = massa do solo seco (g); V = volume da amostra (cm^3);

Por ocasião da coleta das amostras para determinar a D_s , realizou-se o teste de resistência à penetração (RP) por meio de penetrômetro de impacto (PI) modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de cone de 30° (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983) até 35cm de profundidade. Para a obtenção dos valores de RP de cada repetição utilizou-se a média de quatro pontos.

A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em RP foi obtida pela equação 2, segundo Stolf (1991).

$$\text{Equação 2: } RP = (Mg + mg) + ((M/M+m) \times (Mg \cdot h/p))/A$$

Onde: RP = resistência mecânica do solo à penetração (Kgf cm^{-2}); M = massa do êmbolo (4kg) ($Mg = 4 \text{ kgf}$); m = massa do aparelho sem êmbolo (3,2 kg) ($mg = 3,2 \text{ kgf}$); h = altura de queda do êmbolo (40 cm); p = penetração da haste do aparelho (cm impacto^{-1}); A = área do cone ($1,29 \text{ cm}^{-2}$);

Os valores de RP (kgf cm^{-2}) foram multiplicados pelo fator 0,0980665, para a obtenção da resistência mecânica do solo à penetração em MPa.

3.4.4.3 Sistema radicular da soja

As amostras para verificar o efeito das rotações de culturas no desenvolvimento radicular da soja em profundidade, foram coletadas em trincheiras abertas no dia 09/03/2012, entre as linhas de soja no estágio de enchimento de grãos. Dessa forma foi possível a coleta de monólitos de solo a 10 cm da linha de semeadura, com dimensões de 5 cm de altura, 10 cm de largura e 10 cm de comprimento.

As profundidades de coleta de raízes seguiram as mesmas das coletas de amostras não deformadas de solo: 0-5, 5-10, 10-20 cm. As raízes foram lavadas com água corrente, utilizando-se pinças e peneiras com malha de 1,0 mm. Após lavagem manual as raízes foram secas em estufa de aeração forçada à temperatura de 60 °C até atingirem massa constante e em seguida pesadas para determinação da massa seca radicular.

3.4.4.4 Umidade e temperatura do solo

Durante o estágio de enchimento dos grãos da soja safra 2011/2012, foi avaliado o efeito das rotações de culturas na umidade e temperatura do solo. No dia 06/01/2012 avaliou-se a umidade e a temperatura do solo, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, por meio do equipamento Pro Check e sensor 5TM (Decagon Devices). As medições foram realizadas pela manhã (8:00 horas) e a tarde (14:00 horas).

3.4.4.5 Diagnose foliar da soja

A análise foliar foi realizada na safra 2011/2012 coletando o 3° ou 4° trifólio a partir do ápice sem o pecíolo, quando a cultura se encontrava no florescimento, de acordo com Embrapa (2011). Foram coletados 20 trifólios por sistema, que foram acondicionados em sacos de papel e deixados para secar em estufa por 2 dias à 60°C. Após seco, os trifólios foram triturados e levados para análise em laboratório de acordo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.4.4.6 Produtividade da soja

A produtividade de soja na safra 2010/2011 não foi determinada, pois não houve enchimento dos grãos pela cultura devido, provavelmente, à ocorrência de intensa deficiência nitrogenada, mesmo tendo sido feita a inoculação das sementes no momento da semeadura, de acordo recomendações técnicas. Na safra 2011/2012 a produtividade de grãos da soja foi estimada por meio da determinação do número de plantas por metro e determinação do estande de plantas por hectare; do número de vagens por planta, separando as vagens cheias e vazias; e determinação do número de grãos por vagem. O número de plantas por metro foi determinado com o auxílio de trena, fazendo a contagem de 1 metro de linha de soja com 4 repetições. Com base no número de plantas por metro determinou-se o estande de plantas por hectare, considerando o espaçamento de 0,45 m entre linhas. Em seguida, foram cortadas essas plantas contidas nesse 1 metro de linha (quatro amostras de 1 m) para a contagem do número de vagens cheias e vazias, determinando-se o número de vagens por planta. Para determinar o número de grãos por vagem, separou-se 30 vagens por repetição, as quais foram abertas manualmente e tiveram o número de grãos contados. Por fim, uma alíquota de grãos de cada repetição foi separada para determinação da massa de 1000 grãos, sendo a umidade dos grãos corrigidas à 13%. Essa determinação foi feita no laboratório de sementes da unoeste, de acordo procedimento descritos em Brasil (2009). Para determinação de produtividade no sistema 1 foram colhidos três pontos em relação às linhas de eucalipto, ou seja, a 1,5 m de distância da linha de eucalipto na extremidade oeste, a 1,5 m da linha de eucalipto na extremidade leste e no centro do renque. Foi realizado uma média entre os três pontos colhidos para chegar na produtividade desse sistema.

Com base nessas informações foi possível estimar a produtividade (kg ha⁻¹) de soja utilizando a equação 3:

$$\text{Equação 3: Produtividade} = \frac{(\text{n}^{\circ} \text{ vagens} \times \text{n}^{\circ} \text{ grãos} \times \text{estande} \times \text{massa } 1000 \text{ grãos})}{10^6}$$

Onde: n° vagens= número vagens cheias por planta; n° grãos = número médio de grãos por vagem; estande = número de plantas por hectare; e massa 1000grãos = massa (g) de mil grãos de soja;

3.4.4.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey, à 5 % de probabilidade (Gomes, 1990).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Massa seca de braquiária

A produção de fitomassa de braquiária no momento da dessecação para a semeadura da soja foi maior no sistema 3 em relação ao sistema 1 (Figura 2), porém sem diferir do sistema 2. Isso pode ser explicado por se tratar de uma área recentemente reformada, com aração e gradagem, além de ter sido cultivada anteriormente com amendoim, que por se tratar de uma leguminosa com capacidade de fixação de N₂ atmosférico (TASSO JUNIOR; MARQUES; NOGUEIRA, 2004), o que aumenta a disponibilidade de N no solo. Além disso, a presença de eucalipto no sistema 1 pode ter prejudicado o crescimento da forrageira, já que se trata de uma gramínea tropical, que necessita de alta incidência de radiação solar para manifestar seu máximo potencial produtivo. Castro et al. (1999) verificaram redução de 31 e 46% na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* sob 30 e 60% de sombra artificial. Paciuлло et al. (2007), avaliando as características morfológicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril, observaram redução de 53% na produção de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

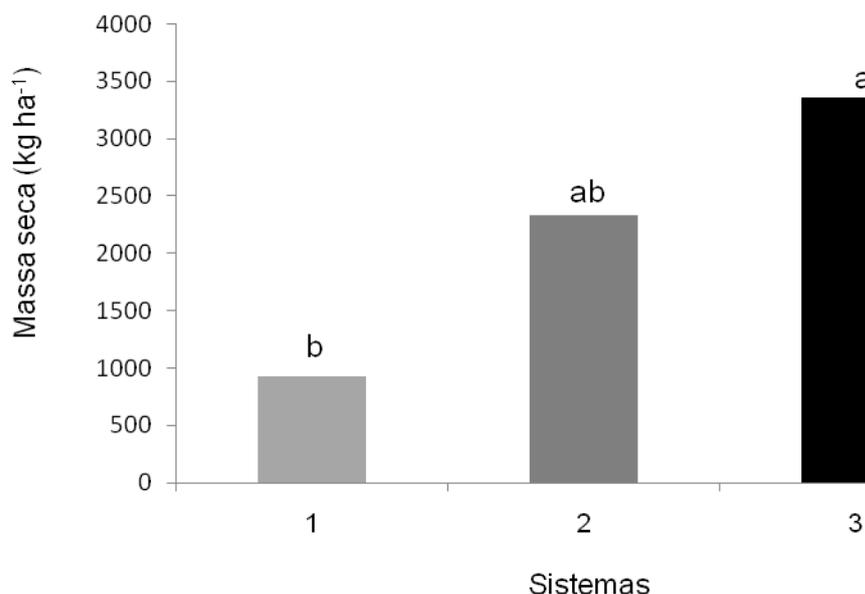


FIGURA 2. Massa seca (kg ha⁻¹) de braquiária antes da semeadura da soja da safra 2011/2012.

Sistema1=braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja;sistema 2=braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/milho+braquiária/braquiária/soja;sistema3=amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja.Letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

3.5.2 Diagnose foliar da soja

Na diagnose foliar realizada na cultura da soja (tabela 2) não se observou diferença estatística entre os sistemas de manejo para N, S, Cu, Fe. Já para o P, nota-se que no sistema 2 o teor foi superior ao demais, porém não diferiu estatisticamente do sistema 1. Os maiores valores de K foram observados nos sistemas 1 e 2, não ocorrendo diferença entre esses sistemas. Para os teores de Ca, Mg e Mn foliares, o sistema 3 proporcionou maiores teores em relação aos sistemas 1 e 2. Esse sistema também proporcionou maiores teores de B e Zn foliares na soja, porém sem diferir significativamente do sistema 1 para o B e do sistema 2 para o Zn. Segundo Embrapa (1996), faixas adequadas de N total é de 40,1 à 55,0 g kg⁻¹, portanto, nos sistemas 1 e 2 os teores estão dentro da faixa adequada para a cultura, porém não foi observado sinais de deficiência no sistema 3. Os teores de P, K, Cu não atingiram os níveis adequados em nenhum dos sistemas utilizados. Já os demais elementos (Ca, Mg, S, B, Fe, Mn e Zn) estão todos dentro da faixa de suficiência descrita em Embrapa (1996).

TABELA 2. Diagnose foliar da cultura da soja, safra 2011/2012, nos diferentes sistemas de manejos do solo.

Sistemas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	44,3a	2,3ab	14,7a	5,9b	3,1b	2,2a	34,3ab	5,1a	74,7a	82,3b	24,7b
2	42,3a	2,4a	14,2a	6,2b	3,1b	2,1a	33,8b	8,2a	75,5a	72,4b	27,8ab
3	39,2a	2,1b	9,5b	11,1a	5,5a	2,1a	38,3a	6,4a	111,9a	146,3a	33,8a

Sistema 1 = braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 =braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/ milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; Letras iguais (na coluna) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.5.3 Densidade do solo e resistência à penetração

Entre as camadas avaliadas observou-se, com exceção da pastagem irrigada, maiores valores de densidade (Ds) nas camadas de 5-10 e 10-20 cm (Figura 3). Hakoyama et al. (1995) observaram que, em sistema convencional, a compactação do solo localiza-se entre 8 e 27 cm de profundidade. Já em SSD essa camada de maior densidade localiza-se mais superficialmente, entre 5 e 12 cm de profundidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Castro et al. (1987), Pedrotti et al. (2001) e Calonego (2007).

Na camada de 0-5 cm do perfil do solo não houve diferença na Ds entre os sistemas estudados, com valores variando de 1,47 a 1,55 g cm⁻³. Já nas camadas de 5-10 e 10 a 20 cm as maiores Ds ocorreram na pastagem degradada (1,66 g cm⁻³), porém sem diferir do sistema 1 (iLPP), na camada de 5 a 10 cm, e diferindo apenas da pastagem irrigada, na camada de 10 a 20 cm. Esperava-se altos valores de Ds em condições pastagem degradada, já que se trata de uma área com baixa produção de forragem, maior pisoteio animal e manejo inapropriado da área. Araujo et al. (2004) estudando propriedades físicas em Argissolo sob diferentes sistemas de manejo do solo, verificaram maiores Ds no horizonte superficial na pastagem, em comparação à área com cerrado nativo e rotação com lavouras

A menor Ds do solo em subsuperfície em condições de pastagem irrigada em bem manejada era esperado, pois são encontrados na literatura resultados semelhantes. Calonego et al. (2012), avaliando as propriedades físicas

do solo sob diferentes ocupações, verificaram que em condição de pastagem bem manejada os valores de Ds foram semelhantes aos obtidos em mata nativa e inferiores aos encontrados em SSD e preparo convencional. Segundo os autores, isso demonstra que os sistemas com menor interferência humana são os que mantêm as melhores condições físicas do solo.

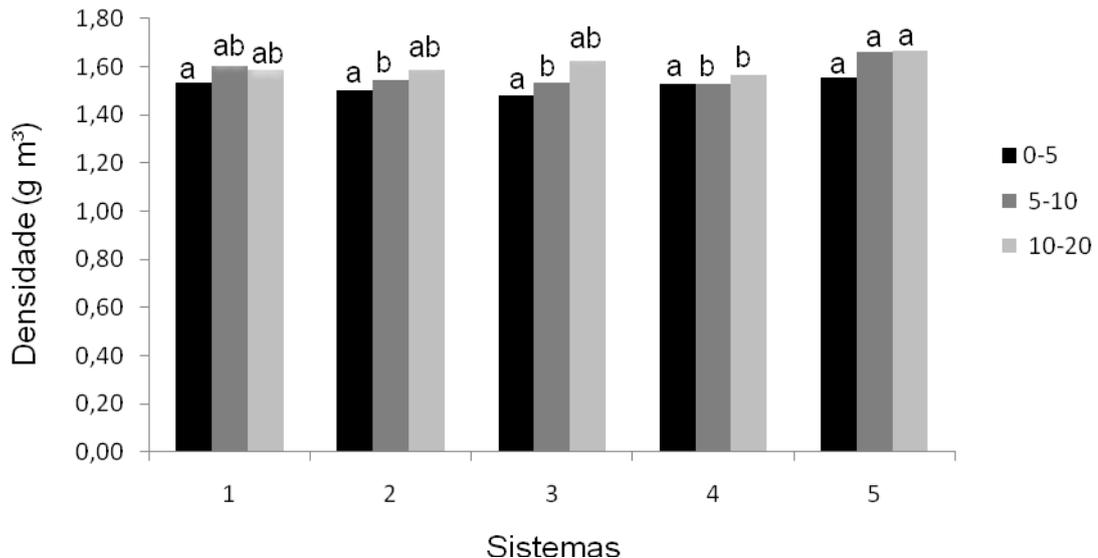


FIGURA 3. Densidade do solo (g cm^3) nos diferentes sistemas de produção, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Sistema1=braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 =braquiária/milho+braquiária /braquiária/soja/milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/ soja/braquiária/soja; sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada. Letras iguais, na comparação entre os tratamentos e dentro de cada profundidade, não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

No entanto, quando se avalia a compactação do solo em função do teste de resistência à penetração (RP) (Figura 4), verifica-se um maior impedimento mecânico na profundidade de 10 cm no sistema envolvendo pastagem irrigada. Esse resultado pode estar relacionado ao pisoteio animal em condições de solo úmido, o que agrava e acelera o processo de compactação. Porém, por se tratar de uma pastagem bem conduzida, e, provavelmente com maior produção de biomassa aérea e radicular, o que produz maior quantidade de bioporos, que proporcionam menor Ds.

Segundo Silva e Rosolem (2001), em solo com pastagem, mesmo o solo apresentando-se aparentemente compactado, pode haver crescimento radicular

normal, já que as forrageiras deixam grandes quantidades de canais devido ao grande volume de raízes deixados pelas gramíneas, aumentando a resistência à penetração limitante para o crescimento radicular.

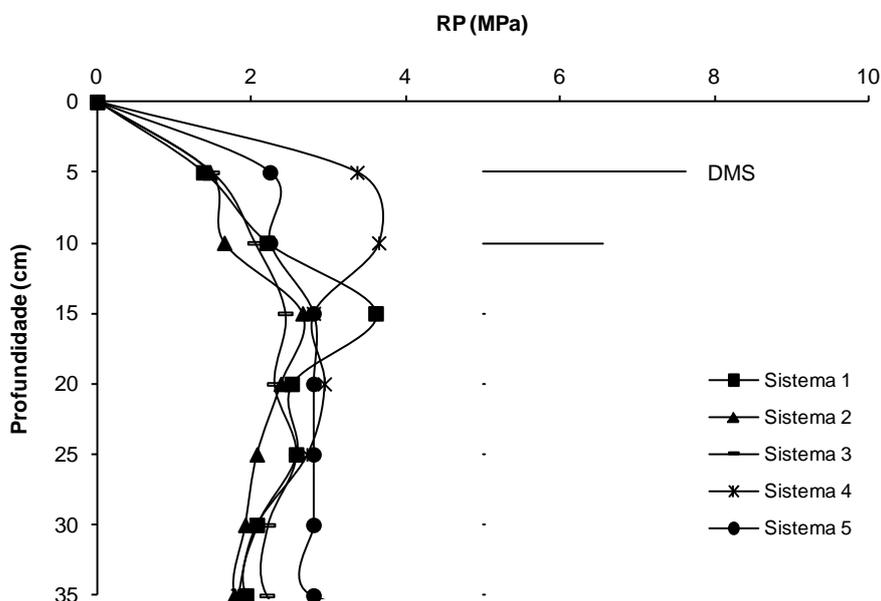


FIGURA 4. Resistência à penetração do solo (RP) realizado nos diferentes sistemas.

Sistema1=braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto + braquiária/ eucalipto +soja; sistema2=braquiária/milho+braquiária /braquiária/soja/milho+ braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada; DMS = diferença mínima significativa a 5% de probabilidade

3.5.4 Umidade e temperatura do solo

Ao avaliar a umidade (Figura 5) e a temperatura (Figura 6) superficial do solo às 8:00 e 14:00 horas verificou-se que no período da manhã a maior umidade ocorreu no sistema de pastagem irrigada, já que a avaliação foi feita logo após a irrigação. No entanto, sem diferir das umidades encontradas nos sistemas 1 e 2. No sistema 1, a menor temperatura do solo nesse horário pode ter contribuído para a menor perda de água por evaporação. Também observou-se nesse sistema (sistema iLPF) a menor perda de água entre o período da manhã e o da tarde (Figura 5), obtendo-se na avaliação realizada às 14:00 horas o maior valor de umidade do solo, mesmo com a elevada temperatura do solo verificada do período da tarde nesse sistema (Figura 6). Segundo Souza et al. (2010) e Baliscai (2011), os sistemas silvipastoril promovem melhoria do microclima com a redução da velocidade do vento e por conseguinte a redução da perda de água do solo por

evapotranspiração. A modificação do microclima, na presença do componente arbóreo, repercute sobre o balanço hídrico do solo, contribuindo para a elevação da umidade disponível para as plantas sob a copa das árvores (OVALLE; AVENDAÑO, 1984).

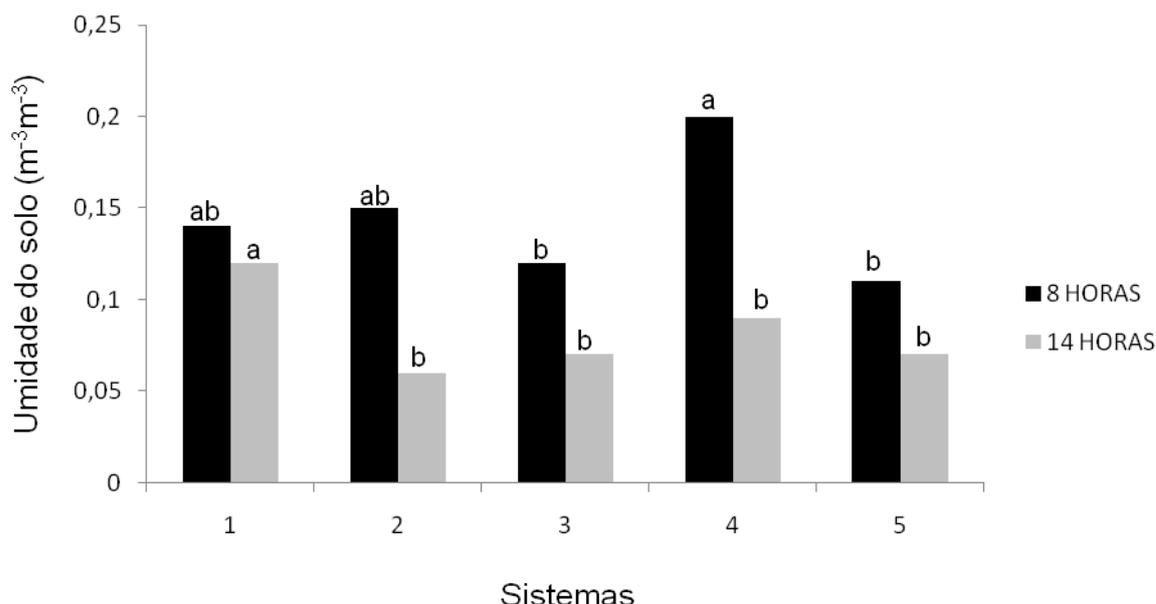


FIGURA 5. Umidade do solo ($m^{-3} m^{-3}$) na camada de 0-5 cm de profundidade nos diferentes sistemas em dois horários do dia.

Sistema1=braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2=braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja;sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada.Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Na temperatura superficial do solo (Figura 6) foi possível observar que às 8:00 horas da manhã a pastagem degradada obteve temperaturas mais elevadas quando comparadas aos demais sistemas, porém não diferiu estatisticamente do sistema 2 onde foi realizado a iLP. Já na iLPF (sistema 1) essa temperatura foi menor diferindo dos demais tratamentos, pois os renques, instalados no sentido norte-sul, promoveram sombra durante boa parte do período da manhã. Na avaliação das 14:00 horas, as temperaturas se elevaram e no sistema 1, onde houve a menor produção de palhada pela braquiária (Figura 6), a temperatura foi superior à obtida no sistema 2. Unger (1978) observou que a temperatura do solo a 10 cm de profundidade reduziu quando este estava coberto com palhada de milho e verificou

ainda que essa redução tem relação direta e significativa com o aumento da quantidade de palha. Os resíduos sobre o solo reduzem a temperatura e a amplitude térmica, devido à reflexão e à absorção de energia solar incidente, diminuindo assim a perda de água por evaporação (WIERENGA et al., 1982).

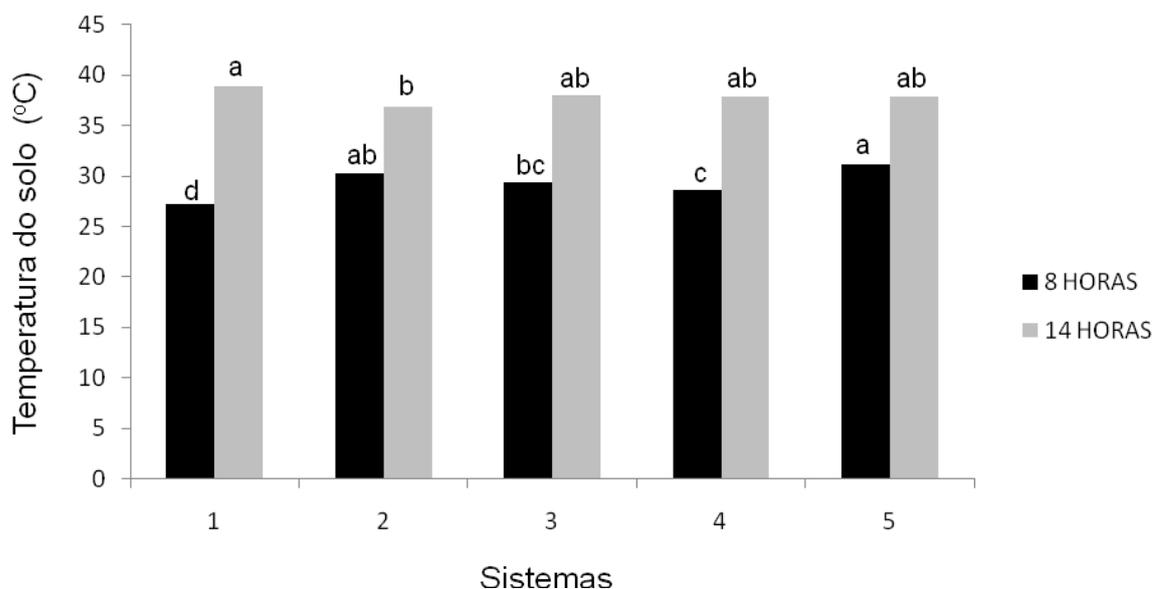


FIGURA 6. Temperatura do solo (°C) na camada de 0-5 cm de profundidade nos diferentes sistema sem dois horários do dia.

Sistema 1 = braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 = braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

3.5.5 Sistema radicular da soja

Na massa seca de raiz foi observado que em todos os sistemas estudados houve uma maior quantidade de raiz na camada superficial (0-5 cm de profundidade). Nas camadas de 0-5 cm e 10-20 cm não houve diferenças estatística entre os sistemas 1, 2 e 3. Já na camada de 5-10 cm, a menor produção de raiz de soja no sistema 1 pode estar relacionado com os maiores valores de Ds obtidos nesse sistema (Figura 3), estando de acordo com Calonego e Rosolem (2010) e Silva e Rosolem (2002) que também verificaram redução do crescimento radicular da soja com o aumento da compactação.

A presença de camada impeditiva ao crescimento radicular faz com que as raízes se entortem e cresçam paralelamente à superfície do solo (JORGE, 1985), além de estimular a proliferação de raízes laterais finas (RUSSEL; GOSS, 1974), que na sua maioria encontram-se nos primeiros 15 cm do perfil do solo (COALE; GROVE, 1986). Para Bennie (1996), ao crescer a raiz exerce uma pressão contra as partículas do solo, afastando-as, para permitir o seu alongamento, porém, quando há presença de camada com estado de compactação superior à capacidade de penetração das raízes, ocorre a diminuição do seu comprimento e o aumento do diâmetro radicular, devido ao maior número de células por unidade de comprimento de raízes.

Para Passioura (1991), a estrutura do solo exerce efeitos claros sobre o alongamento radicular, influenciando a habilidade das raízes em extrair água e nutrientes do solo em quantidades adequadas. Segundo o autor, o alongamento radicular só será possível quando a pressão radicular for maior que a impedância mecânica oferecida pelo meio. No entanto, Zonta et al. (2006) argumentam que a redução no alongamento das raízes não pode ser considerada uma diminuição do crescimento radicular, e sim uma alteração na distribuição espacial das raízes, já que em condições de limitação do crescimento em profundidade ocorre intensa proliferação de eixos laterais finos, que contribuem para o aumento significativo da superfície específica radicular. Porém, no experimento realizado não observou-se aumento da concentração de raízes na camada superficial em função da maior densidade do solo em subsuperfície.

A maior produção de raízes de soja no sistema 3 pode ter contribuído com os maiores teores de Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn nas folhas (Tabela 2), mesmo que para alguns desses elementos os teores no solo estivesse menor, como no caso do Ca e Mg (Tabela 1).

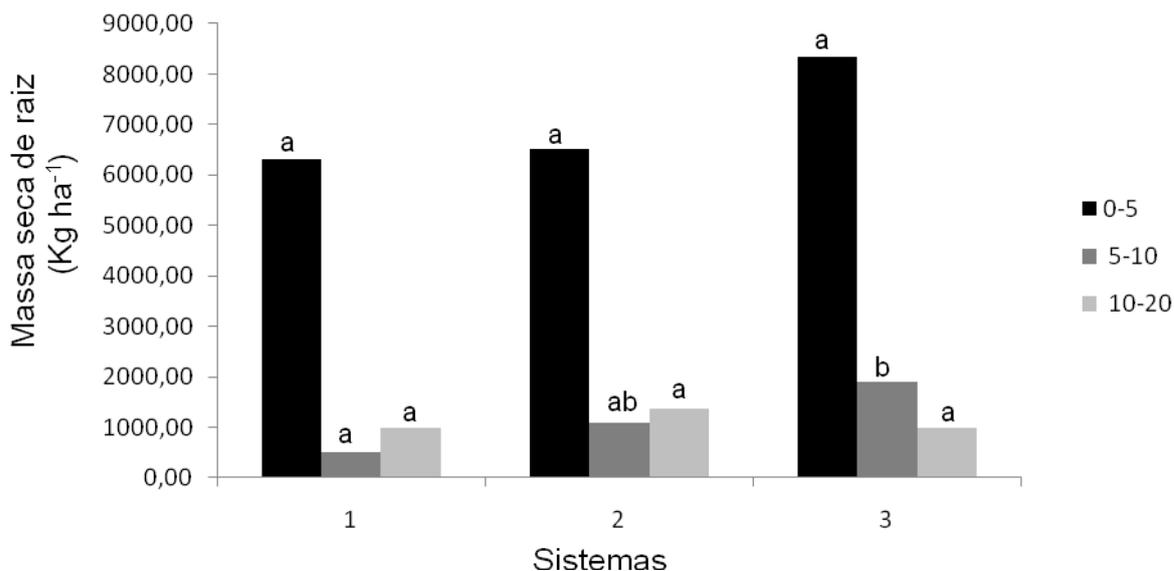


FIGURA 7. Massa seca de raiz (kg ha^{-1}) envolvendo os sistemas em três camadas do perfil do solo.

Sistema 1 =braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto +braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 =braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/ milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/ soja/braquiária/soja; sistema 4 = Pastagem irrigada; sistema 5 = Testemunha com pastagem degradada.Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukeyà 5% de probabilidade.

3.5.6 Produtividade e parâmetros de produção

Na tabela 5, analisando os parâmetros de produção, observa-se que, apesar do maior estande de plantas no sistema 1, a produtividade foi inferior à obtida no sistema 3, porém sem diferir do sistema 2. Entre os componentes da produção, o número de grãos por vagem e a massa de 1000 grãos foram decisivos para que a produtividade no sistema 3 fosse maior que nos demais tratamentos. Além disso, apesar de não haver diferença estatística, a quantidade de 14 a 27 vagens por planta a mais nesse sistema contribuiu para a alta produtividade, sendo que não houve diferença na quantidade de vagens vazias.

O cultivo consorciado de soja e eucalipto, além de ter prejudicado a produção de palhada de braquiária (Figura 3) também diminuiu a produtividade de soja, afetando principalmente a massa de 1000 grãos. Isso pode ter ocorrido, tanto em função da maior densidade do solo nesse sistema (Figura 4) como também pelo efeito do sombreamento, o que pode ter reduzido a taxa fotossintética das plantas.

Já no sistema 3, implantado em área anteriormente cultivada com preparo convencional, além de ter promovido alta produção de palhada de

braquiária, também proporcionou elevada produtividade da soja. A superioridade no rendimento desta cultura devido à aração ou escarificação foi relatada por Kochhann e Denardim (1997), Balbino e Oliveira (1992) e Guedes, Wiles e Veddato (1978). Segundo Embrapa (2008), normalmente nos primeiros anos sob SSD, observa-se menores produtividades da soja em relação ao preparo convencional. Nesta fase, que dura aproximadamente quatro anos, denominada de crítica para o SSD, a produtividade é em média 9% inferior. Em condições de solo compactado, Calonego e Rosolem (2010) verificaram que a produtividade da soja em áreas sob SSD passou a ser maior que em área sob cultivo mínimo somente após quatro anos de adoção das rotações de culturas, em função da melhoria do ambiente radicular.

TABELA 3. Estande de plantas ha^{-1} , n° vagens/planta $^{-1}$, vagens vazias/planta $^{-1}$, n° grãos/vagem $^{-1}$, massa de 1000 grãos(g) e produtividade (kg ha^{-1}) para a cultura da soja nos diferentes sistemas estudados.

Sistemas	Estande de plantas ha^{-1}	N° vagens/planta $^{-1}$	N° vagens vazias/planta $^{-1}$	N° grãos/vagens $^{-1}$	Massa de 1000 grãos(g)	Produtividade Kg ha^{-1}
1	234074a	50,4a	6,6 ^a	2,2b	109,6b	2844b
2	160000b	63,4a	6,0a	2,2b	139,0a	3100b
3	162222b	77,8a	6,0a	3,0a	130,4a	4937a

Sistema 1 = braquiária/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja/eucalipto+braquiária/eucalipto+soja; sistema 2 =braquiária/milho+braquiária/braquiária/soja/ milho+braquiária/braquiária/soja; sistema 3 = amendoim/braquiária/soja/braquiária/soja; Letras iguais (na coluna) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.6 CONCLUSÕES

A produtividade de soja foi maior no sistema com sucessão braquiária/soja por dois anos, após reforma de pastagem com preparo convencional e cultivo de amendoim.

O sistema de iLPF aumenta a densidade do solo em subsuperfície, reduzindo a produção de raízes de soja.

O cultivo de eucalipto em renques proporciona maior umidade do solo mesmo sem reduzir sua temperatura.

A diversificação dos sistemas de produção melhora a qualidade física no perfil do solo, quando comparados a pastagem degradada.

4 CAPITULO II - Produtividade de Soja em Diferentes Posições entre Renques de Eucalipto em Sistema Consorciado

4.1 RESUMO

Os sistemas agrossilvipastoris, que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, são considerados, atualmente, inovadores no Brasil. Porém ainda existem poucos estudos com soja em consórcio em espécies florestais a respeito do possível efeito do sombreamento na produtividade da cultura agrícola. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do sombreamento causado pelas árvores na produtividade da soja em diferentes distâncias da linha de eucalipto. O experimento foi conduzido em área experimental do Campus II da Universidade do Oeste Paulista em Presidente Prudente (SP), em um Argissolo Vermelho, entre maio de 2010 e março de 2012. Foram testados três tratamentos com diferentes distâncias de soja e eucalipto. Os tratamentos foram: extremidade oeste, centro do renque e extremidade leste. As avaliações de umidade do solo, temperatura do solo e radiação incidente foram realizadas quando a soja se encontrava na fase de enchimento de grãos. A umidade e temperatura do solo na camada de 0-5 cm não diferem entre as diferentes posições entre renques de eucalipto cultivado com soja, nas avaliações realizadas às 8:00, 14:00 e 18:00 horas. A posição na faixa de soja entre renques de eucalipto com maior incidência de radiação solar no período da manhã proporcionou maior produtividade de grãos devido às temperaturas mais amenas.

Palavras-Chave: Competição interespecífica; Integração lavoura-pecuária-floresta; *Glycinemax* (L) Merrill.

4.2 ABSTRACT

Soybean productivity in different distances of the eucalyptus line in consortium system

The agroforestry systems that integrate agricultural, cattle breeding and forestry activities are considered innovator nowadays in Brazil. However there are still few studies with soybean in consortium in forestry species about the possible effect of shadowing in the productivity of agricultural culture. This study had as purpose evaluate the shadowing effect caused by trees in the soya productivity in different distances from the eucalyptus line. The experiment was led in experimental areas of Campus II from Universidade do Oeste Paulista in Presidente Prudente (SP), in Red Acrisol between May, 2010 and March, 2012. It was tested three treatments in different distances of soya with eucalyptus. The treatments were: west end, rank center and east end. The evaluations were soil moisture, soil temperature, radiation and productivity parameters. Assessments of soil moisture, soil temperature and incident radiation were performed when soy was during grain filling. The soil temperature and moisture in the 0-5 cm layer did not differ between the different positions between rows of eucalyptus planted with soybeans evaluations, at 8:00, 14:00 and 18:00. The position of soybeans in the range between rows of eucalyptus with a higher incidence of solar radiation in the morning gave higher grain yield due to milder temperatures.

Keywords: Interspecific competition; Integration crop livestock forest; *Glycine max* (L) Merrill.

4.3 INTRODUÇÃO

A soja é a principal oleaginosa cultivada no Brasil atualmente. Segundo dados da USDA o Brasil está em segundo lugar no ranking mundial de produção de soja, atrás somente dos EUA. Porém, o Brasil possui cerca de 15 milhões de hectares de área com pastagem degradada aptas para o cultivo da oleaginosa. No entanto, em algumas regiões do Brasil fica inviável o cultivo dessa leguminosa devido às condições climáticas. Um exemplo é a região do oeste paulista onde tem-se baixa disponibilidade hídrica nos períodos de outono/inverno e inverno/primavera, e frequente estiagem que ocorre durante o cultivo da safra de verão (veranicos), dificultando o cultivo de soja.

Um dos aspectos considerados limitantes para o aumento da produtividade da soja nestas regiões tem sido a ocorrência de déficit hídrico, pois, a disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos (EMBRAPA, 1999).

Acredita-se que nessas condições limitantes dos recursos naturais, os sistemas integrados de produção agroflorestal permitiriam otimizar a produção por unidade de superfície, através da conservação e recirculação dos potenciais produtivos deste agroecossistema e utilização diferenciada dos fatores de produção disponíveis entre os vários componentes agrícolas e florestais (MACEDO, 2000).

A iLPF ou Sistema agrossilvicultural pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de espécies para produção vegetal, pastagens e florestas, de forma concomitante ou não, de modo que haja sinergia entre as atividades (NAIR et al., 2010). Atualmente, o Sistema ILPF vem ganhando importância dentro da propriedade agrícola, pois permite a continuidade na produção de alimentos num patamar mais eficiente.

Pela integração da floresta com as culturas agrícolas e com a pecuária, a iLPF oferece uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de baixa produtividade, de escassez de alimentos, de degradação ambiental generalizada e de redução de riscos de perda de produção pela diversificação de cultura. Além disso, torna-se possível o retorno do investimento de uma forma mais rápida e possibilita ao agricultor a obtenção de renda até que a floresta cresça e produza madeira para a comercialização. Através desse sistema, pode-se obter ganhos em

eficiência, através dos seguintes aspectos: agrônômico (melhoria das condições do solo), econômico (diversificação da produção), ecológico (melhoria da biodiversidade, da hidrologia e do microclima, além do social (benefícios sociais diretos e indiretos).

No entanto, os resultados de pesquisa sobre o desempenho das culturas envolvidas nos sistemas com consórcio entre plantas, principalmente entre espécies florestais e culturas graníferas, são incipientes, e muitas dúvidas ainda existem sobre possíveis efeitos depressivos causados pelas espécies arbóreas no desempenho das culturas anuais, em função do sombreamento e da umidade do solo.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento e a produtividade de soja em diferentes distâncias do renque de eucalipto em um sistema de cultivo consorciado.

4.4 REVISÃO DE LITERATURA

É possível relatar diversas culturas que foram estudadas em sistemas agrossilvipastoris entre elas o milho, arroz, soja, sorgo e feijão.

O primeiro trabalho que tratou de um consórcio agrossilvicultural no Brasil foi o de Gurgel Filho (1962), que estudou o cultivo intercalar do milho com o eucalipto no espaçamento de 3 x 1,5m e verificou-se que o aumento do número de linhas de milho prejudicou o crescimento das árvores e que o consórcio com uma linha foi favorável a ambas as culturas. Resultados semelhantes foram obtidos por Daniel, Bittencourt e Gelain (2004), que também estudaram o consórcio entre eucalipto e milho.

Schreiner e Balloni (1986), em Itararé, Estado de São Paulo, estudaram a rentabilidade de sistemas agroflorestais de feijão com eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.), no ano de implantação do povoamento a um espaçamento de 3m x 2m, e concluíram que a sobrevivência, a altura e o diâmetro das árvores não foram afetados pelo consórcio e que o cultivo de cinco fileiras de feijão resultou em ganho de 20% em volume de madeira, em comparação ao monocultivo do eucalipto, além de ter sido o tratamento que alcançou a maior produtividade de grãos.

Schreiner (1989) verificou que, pelo menos até dezoito meses de idade, o plantio de cinco fileiras intercalares de soja não prejudicou a sobrevivência de eucalipto e ainda favoreceu o seu crescimento, além de propiciar um retorno de 30% sobre o capital de seu custeio.

Couto, Barros e Rezende (1982) e Schreiner (1989), ao estudarem consórcio eucalipto/soja, testando o plantio dessa leguminosa em vários espaçamentos, entre linhas de eucalipto espaçado de 3m x 2m, encontraram produção de soja variando entre 1.303 a 2.449 kg ha⁻¹, que foi considerada boa.

Trabalho mais recente como de Souza (2011), concluiu que a produtividade de soja em consórcio com eucalipto é influenciada pela distância entre renques de árvores e que a parte central dos renques foi onde se obteve maior produtividade na situação de sombreamento.

A incidência de luz no sub bosque de sistemas agrossilvipastoris é de fundamental importância por ser fator crítico para o crescimento do estrato inferior, influenciando o planejamento e o manejo do sistema (ANDRADE, 2000; OLIVEIRA, 2005).

Alguns autores ressaltam que o sombreamento promove redução na produção de matéria seca (COSTA et al., 1998). No entanto, outros estudos revelaram que o sombreamento acarreta diminuição da produção de matéria seca apenas em gramíneas, sendo esse efeito menor em leguminosas (ERIKSEN; WHITNEY, 1982). Os resultados sugerem que há diferenças entre a necessidade de radiação incidente para cada planta. Neste sentido a soja perene teria apresentado uma menor necessidade de radiação luminosa (cerca de 30% de luz) para se desenvolver. Estes resultados estão de acordo com a classificação descrita por Shelton, Humprheys e Batelo (1986) onde reportaram maior tolerância ao sombreamento da soja perene frente às demais.

4.5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área de produção da Fazenda da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) entre maio de 2010 e março de 2012.

A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas: 22° 07' 32" Latitude Sul e 51° 23' 20" Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 475 metros e relevo suave ondulado. O clima da região de Presidente Prudente-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro.

A instalação do experimento foi em Dezembro de 2009 com o plantio de três renques de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), compostos por três linhas de 100 metros de comprimento, plantados no sentido das curvas de nível. O espaçamento utilizado foi de três metros entre linhas e um metro entre plantas, sendo 15 metros entre renques. Entre os renques de eucalipto foi semeada braquiária (*Brachiaria brizantha*) a lanço. Em Outubro de 2010 a pastagem foi roçada a 20 cm do solo e após vinte dias foi dessecada com glifosato (3,3 kg de i.a. ha⁻¹) para a semeadura da soja (*Glycine max (L.) Merr.*) com espaçamento de 0,45 m entre linhas e 18 plantas por metro da variedade Brasmax Potência, deixando-se 1m de distância entre a linha externa de eucalipto e o cultivo de soja. As recomendações de adubação seguiram recomendações de Rajj et al. (1997), aplicando-se 340 kg ha⁻¹ do adubo 04-30-10. No dia da semeadura as sementes foram tratadas com fungicida (50 gramas de carboxim + 50 gramas de thiram por 100 kg de sementes), micronutrientes cobalto e molibdênio (200 ml em 40 kg de sementes), mais duas vezes a dose recomendada de inoculante. O controle fitossanitário seguiu recomendação técnica para a cultura. Porém, nesse ano agrícola 2010/2011 não obteve-se produção de grãos devido a alta deficiência nitrogenada.

Em fevereiro de 2011 as plantas de soja foram cortadas e picadas com roçadeira e fez-se novamente a semeadura a lanço de braquiária, que foi mantida na área até Outubro de 2011, quando fez-se um corte com roçadeira a 20 cm de altura do solo. Após vinte dias fez-se a dessecação com glyfosate (3,3 kg de i.a. ha⁻¹) e quinze dias após o manejo químico semeou-se novamente a soja, seguindo os mesmos procedimentos adotados na safra anterior.

Em Janeiro de 2012, quando a soja encontrava-se em estágio de florescimento pleno e as plantas de eucalipto com aproximadamente 4m de altura, realizou a avaliação de umidade e temperatura do solo nas duas extremidades

(extremidade leste e oeste), ou seja, a 1 m do renque de eucalipto, e no centro da faixa cultivada com soja.

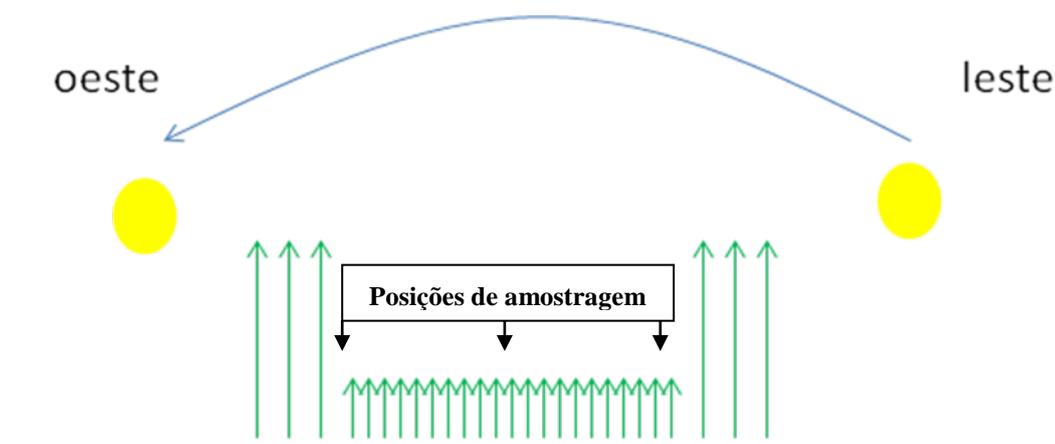


FIGURA 8. Esquema do cultivo consorciado de eucalipto em renques e de soja entre os renques de eucalipto (sentido norte-sul), indicando as posições de amostragens (tratamentos) e do sentido do cultivo em relação ao deslocamento leste-oeste do sol

Por meio do equipamento Pro Check e sensor 5TM (Decagon Devices), mensurou-se a umidade e temperatura do solo na camada de 0-5 cm em diferentes horas do dia (8:00, 14:00 e 18:00 horas). Nessa mesma época, e nas mesmas posições, foi mensurada a radiação incidente utilizando um quântometro (LI-190 190SA), no qual foi acoplado um leitor digital (LI-250 A, LI-COR, EUA). As medidas foram em dias com céu predominantemente claro (pouca ou nenhuma nebulosidade). O sensor foi posicionado a 0,50 m de altura do solo e cada medida correspondeu ao valor médio da radiação incidente no sensor, medida durante 15 segundos, também em diferentes horas do dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas). Essas avaliações foram realizadas em três repetições por posição de avaliação ao longo da faixa da soja.

A produtividade da soja foi estimada determinando-se os parâmetros de produção. Em 4 repetições por posição de avaliação (centro e duas extremidades) foram contadas e arrancadas 1 metro de plantas. Com isso determinou-se o estande de plantas por hectare, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de 1000 grãos (BRASIL, 2009). Por fim, calculou-se a produtividade de grãos utilizando a equação 1.

Equação 1: $\text{Prod} = (\text{n}^\circ \text{ vagens} \times \text{n}^\circ \text{ grãos} \times \text{estande} \times \text{massa } 1000 \text{ grãos}) / 10^6$

Onde: Prod = produtividade (kg ha^{-1}); $\text{n}^\circ \text{ vagens}$ = número vagens cheias por planta; $\text{n}^\circ \text{ grãos}$ = número médio de grãos por vagem; estande = número de plantas por hectare; massa 1000gr = massa, em gramas, de mil grãos de soja;

Os resultados foram comparados por meio do teste Tukey a 5 % de probabilidade (GOMES, 1990).

4.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 9 nota-se que a umidade do solo reduz ao longo do dia de forma semelhante nas diferentes posições de amostragem entre os renques de eucalipto, sendo a maior redução entre 14:00 e 18:00 horas. Não se observou efeito das plantas arbóreas em reduzir a umidade do solo próximo aos renques devido a uma possível competição por água. Também não se observou efeito da posição da sombra na temperatura do solo, sendo às 14:00 horas o momento de maior temperatura, ou seja, de aproximadamente 39 °C. Estudos realizados por Soares et al. (2009), com onze espécies forrageiras, sombreadas por *Pinus taeda* em três níveis de sombreamento (pleno sol e duas densidades arbóreas) concluíram que a competição por água entre os estratos vegetais pode ser descartada, pois, a porcentagem de umidade do solo foi significativamente maior dentro do bosque (30%) que a pleno sol (27%). O aumento da umidade foi atribuído à formação de um microclima no sub-bosque que reduziu a velocidade do vento, radiação solar e a evaporação da água do solo, superando o efeito de possível aumento da evapotranspiração da vegetação na presença de árvores.

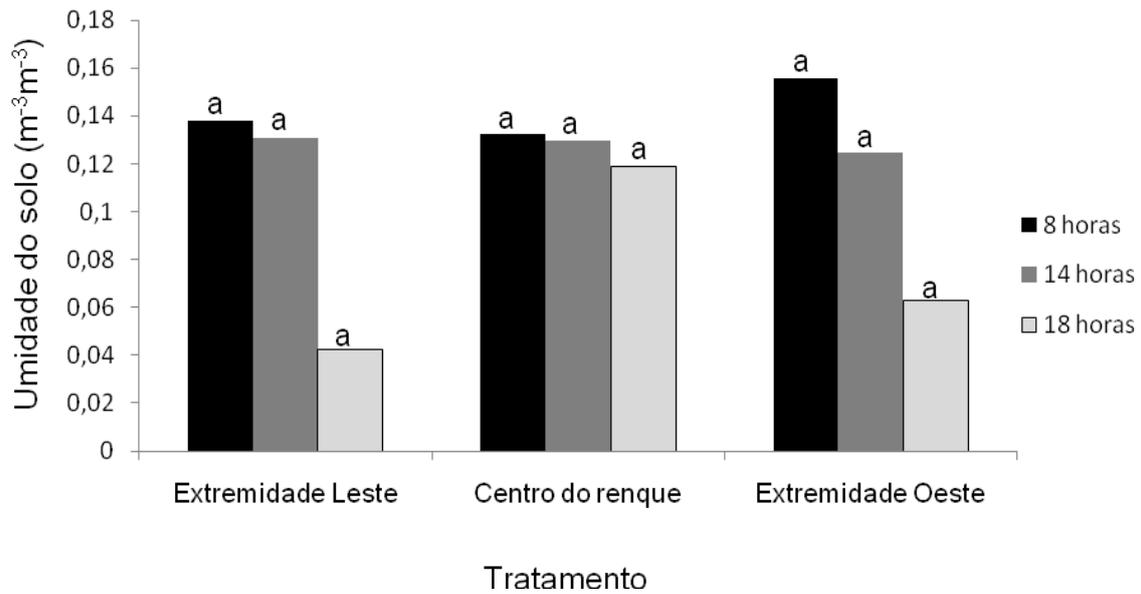


FIGURA 9. Umidade do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) na camada de 0-5 cm nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do dia (8:00 14:00 e 18:00 horas). Letras iguais, na comparação entre os tratamentos e dentro de cada horário de avaliação, não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade.

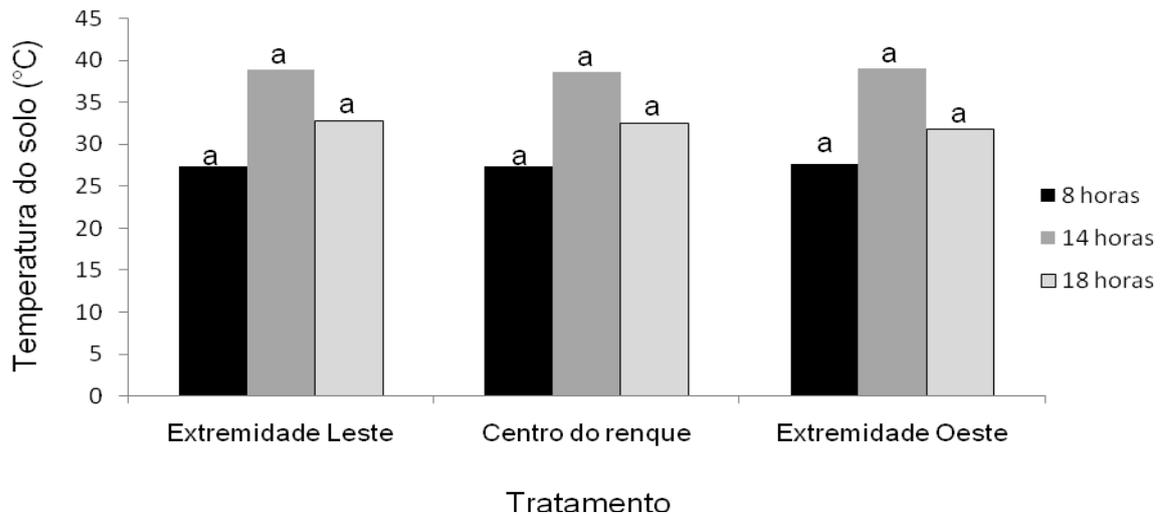


FIGURA 10. Temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) na camada de 0-5 cm nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do

dia (8:00, 14:00 e 18:00horas). Letras iguais, na comparação entre os tratamentos e dentro de cada horário de avaliação, não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade.

Ao avaliar a radiação no renque às 8:00 horas da manhã observou-se maior incidência de radiação solar na extremidade oeste da faixa de soja. Já às 11:00 horas verificou-se maior radiação no centro da faixa de soja entre os renques de eucalipto e na extremidade oeste. Às 14:00 horas não houve diferença estatística para a incidência de radiação solar entre os tratamentos estudados, porém às 17:00 horas a extremidade leste e o centro da faixa de soja apresentaram os maiores valores de radiação solar. Em geral, analisando esses dados, pode-se dizer que, dependendo do espaçamento entre renques e da altura do componente arbóreo o sombreamento da faixa de soja pode reduzir a incidência de radiação solar em boa parte do dia. Segundo Oliveira et al. (2007), maiores valores de radiação solar são encontrados em arranjos com espaçamentos maiores entre linhas e renques de árvores.

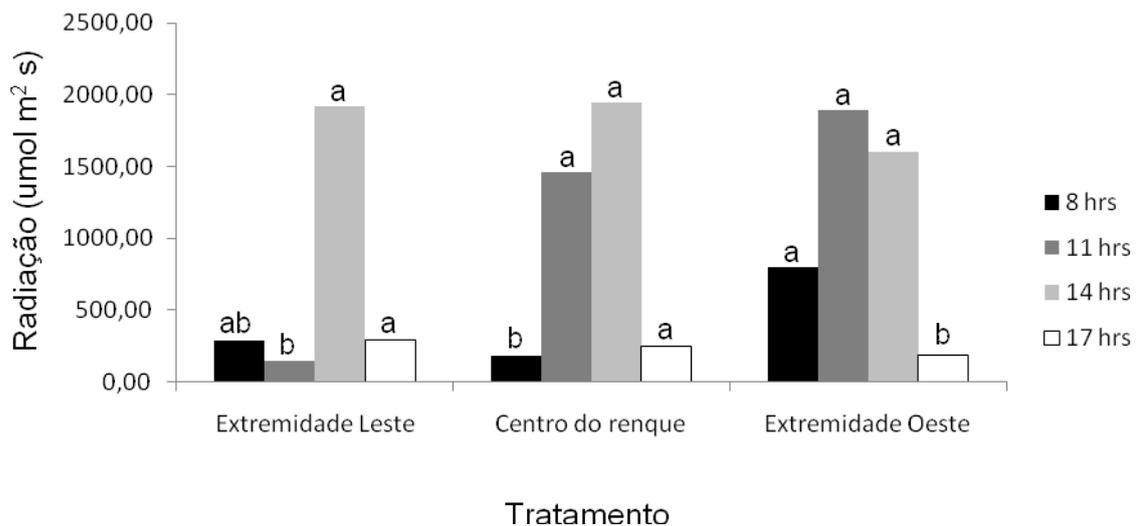


FIGURA 11. Radiação incidente (umol m² s) nas diferentes posições na faixa de soja cultivada entre os renques de eucalipto (Centro, extremidade oeste e extremidade leste do renque), com avaliações realizadas em diferentes horários do dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas). Letras iguais, na comparação entre os tratamentos e

dentro de cada horário de avaliação, não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade.

Na tabela 4, o estande de plantas por hectare, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem não diferiram entre as posições de amostragem. Ao avaliar o número de vagens vazias por planta nota-se que na posição oeste ocorreu menor número de vagens vazias diferindo das demais posições. A produtividade de grãos por hectare foi maior na posição oeste, seguida pelo centro da faixa de soja, sendo na posição leste o local com menor produtividade, coincidindo com a posição de menor radiação incidente na medição realizada às 11:00 horas. Dessa forma, a maior produtividade na posição oeste pode estar relacionada com a maior radiação solar no período da manhã. Nesse sentido, Carvalho et al. (2009) em um estudo do efeito do sombreamento em milho (*Zea mays*) e feijão de corda (*Vignaun guiculata*), relatam a redução no acúmulo de fitomassa em toda a planta principalmente nas raízes e grãos o que causou redução no volume de raiz, matéria seca e fotossíntese gerando redução de produtividade. Macedo et al. (2006) encontrou maiores produtividade de milho consorciado com eucalipto nas linhas centrais, mais distantes das árvores. Nobrega et al. (2001) e Lima et al. (2008) afirmam que o sombreamento intraespecífica ou interespecífica reduz a incidência de luz fotossinteticamente ativa, reduzindo a produção e o transporte de fotoassimilados.

Já a maior radiação incidente no período da tarde (extremidade leste) (Figura 11) não aumentou a produtividade de soja, pois nesse período a temperatura do solo (Figura 10) extremamente elevada e a baixa umidade (Figura 9), provavelmente limitaram a taxa fotossintética da planta.

TABELA 4. Estande de plantas ha^{-1} , n° vagens planta $^{-1}$, vagens vazias planta $^{-1}$, n° grãos vagem $^{-1}$, massa de 1000 grãos e produtividade (kg ha^{-1}) para a cultura da soja nas diferentes posições estudadas.

Posição	Estande de plantas há^{-1}	N° vagens planta $^{-1}$	N° vagens vazias planta $^{-1}$	N° grãos/vagem	Massa de 1000 grãos(g)	Produtividade Kg há^{-1}
Leste	253333a	41,36a	9,26a	2,37a	83,18b	2030c
Centro do renque	231111a	54,70a	8,01a	2,37a	101,54b	3139b
Oeste	226666a	52,13a	2,33b	2,47a	144,16a	4276a

(Média com mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey à 5% de probabilidade)

4.7 CONCLUSÕES

A umidade e temperatura do solo na camada de 0-5 cm não diferem entre as diferentes posições entre renques de eucalipto cultivado com soja, nas avaliações realizadas às 8:00, 14:00 e 18:00 horas.

A posição na faixa de soja entre renques de eucalipto com maior incidência de radiação solar no período da manhã proporcionou maior produtividade da soja devido às temperaturas mais amenas.

REFERÊNCIAS

AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.157–165, 2001.

ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalypto surophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais, Brasil.** 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura do solo em pré-safra a cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP.** 2004. 78f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal.

ARAÚJO, E.A. et al. Uso da terra e propriedade físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.307-315, 2004.

BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F. Efeito de sistemas de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, Londrina, 1991. **Anais...** Londrina : SBEA, 1992. p.1354-1360.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF).** Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BALISCEI, M.A. Sistema silvipastoril na melhoria do bem-estar de bovinos de corte, Maringá, 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

BARBER, R.G.; NAVARRO, F. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops in a soil rehabilitation trial. **Land Degradation and Rehabilitation**, West Sussex, v.5, n.3, p.201-214, 1994.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plants Roots: the hidden half.** 2. ed. New York: MARCEL DEKKER, 1996. p.453-470.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Londrina, v.27, p.379-386, 2005.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.555-560, 2001.

BERTOL, I. et al. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.705–712, 1998.

BOER, C.A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

BRAGAGNOLO, L.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.369–374, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399 p.

BROCH, D. et al. Soja em plantio direto em braquiária. **Direto no Cerrado**, Brasília, DF, v.2, n.4, p.8-9, jan/mar 1997.

CALONEGO, J.C. et. al., **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.2, p.128-135, mar/jun 2012.

CALONEGO, J.C. Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado. 2007. 125f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **Eur. Journal Agronomy**, v.33, p.242-249, 2010.

CAMPOS, B.C. et al. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.386-391, 1999.

CARMO, D.A.S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 7. Estratégias de utilização. **Anais...** Planaltina : EMBRAPA, CPAC, 1997. p.87-97.

CARVALHO, M.A.C. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004.

CASTRO, C.R.T. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.

CASTRO FILHO, C. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.20, p.271-283, 1991.

CASTRO, O.M. et al. **Caracterização química e física de dois Latossolos em plantio direto e convencional**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 23 p. (Boletim científico, 11).

COALE F. J.; GROVE J.H. Effect of soil potassium availability on soybean root and shoot growth under unrestrained rooting conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.9, p.1565-1584, 1986.

COBUCCI, T. et al. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v.28, p.64-79, 2007.

COSTA, N.L. et al. **Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998. Belém. Embrapa-CPATU, 1998. p.201-203.

COUTO, L.; BARROS, N.F.; REZENDE, G.C. Interplanting soybean with eucalypt as a 2-tier Agroforestry Venture in South-eastern Brazil. **Australian Forest Research**, v.12, n.4, p.329-332, 1982.

DANIEL, O.; BITTENCOURT, D.; GELAIN, E. Avaliação de um sistema agroflorestal eucalipto-milho no Mato Grosso do Sul. **Agrossilvicultura** (Viçosa), v.1, n.1, p.15-28, 2004.

DIAS FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processo, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2009 e 2010**. - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil: 1996/1997**. Londrina, 1996. 164p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 96).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologia de produção de Soja Região Central do Brasil 2012/2013**. Londrina, 2011. 261p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 15).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Contribuição de Sistemas de Manejo do solo para a Produção Sustentável da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Circular Técnica, 58)

EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ERIKSEN, F.I., WHITNEY, A.S. Growth and fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. **Agronomy Journal**, v.74, n.4, p.703-709, 1982.

ESPINDOLA, J.A.A. et al. Composição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.321-328, 2006.

FAGERIA, N.K.; SANTANA, E.P.; MORAIS, O.P. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.9, p.1155-1161, 1995.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1421-1428, 2007.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

GUEDES, L.V.M.; WILES, T.L.; VEDDATO, R.D. Sistema de manejo do solo de longo prazo com comparações entre plantio direto, preparo mínimo e plantio convencional. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1., Londrina, 1978. **Anais...** Londrina: EMBRAPA CNPSO, 1978. v.1. p.59-65.

GUPTA, S.C.; LARSON, W.E.; LINDEN, D.R. Tillage and residue effects on soil upper boundary temperatures. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, n.6, p.1212-1218, 1983.

GURGEL FILHO, O.A. Plantio do eucalipto consorciado com milho. **Silvicultura em São Paulo**, v.1, n.1, p.85-102, 1962.

HAKOYAMA, S. et al. Efeitos da semeadura direta e do preparo convencional em algumas propriedades físicas do solo. **Científica**, São Paulo, v.23, n.1, p.17-30, 1995.

JOHNSON, M.D.; LOWERY, B. Effect the three cultivation tillage practices on temperature and thermal properties. **Soil Science Society America Journal**, v.49, n.6, p.1547-1552, 1985.

JORGE, J.A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. p.89-118.

KANNO, T. et al. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian Savannas. **Grassland Science**, v.45, p.9-14, 1999.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relações solo: planta. São Paulo: **Revista Ceres**, p.262, 1979.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto.** 1998. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em semeadura direta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

KLUTHCOUSKI, J; YOKOYAMA, L. P. **Opções de integração lavoura-pecuária.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.131-141.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada no sistema de plantio direto e preparo convencional.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. **Anais...** Passo Fundo : EMBRAPA CNPT, 1997. p.243-246.

LAL, R. Effect of constant and fluctuating soil temperature on the growth, development and nutrient uptake of maize seedings. **Plant soil**, Amsterdam, v.40, p. 589-606, 1974.

LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado.** Goiânia: APDC, 1995. 261p.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema semeadura direta e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LIMA, J.D. et al. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia férrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Acta Amazônica**, v.38, n.1, p.5-10, 2008.

LINCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. **Advances in Soil Science**, New York, v.2, p.133-171, 1985.

MACEDO, R.L.G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157p.

MACEDO, R.L.G. et al. Desempenho silvicultura de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistemas silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MELO, J.T.; MOURA, V.P.G.; FIALHO, J.F. Sistemas agroflorestais na Região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS,

1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAISES DO MERCOSUL, 1., **Anais...** Porto Velho. EMBRAPA-CNPQ, 1994, p.123-131.

MIYASAKA, S. Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta, na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.32, 1966.

MOREIRA, J.A.A. et al. **Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 31p. (Circular Técnica, 33).

MUZILLI, O. Cultura da soja: princípios e perspectivas de expansão. In: Instituto Agrônomo do Paraná. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.11-14. (Circular, 23).

NAIR, P.K.R. et al. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Advances in Agronomy**, v.108, p.237-307, 2010.

NASCIMENTO, V. M.; MELO, W.J.; NEPTUNE, A. M.L. Efeito da rotação de culturas sobre frações da matéria orgânica de um Latossolo sob vegetação de cerrado. **Científica**, São Paulo, v.16, n.1, p.13-19, 1988.

NOBREGA, J.Q. et al. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

OLIVEIRA, T.K. et al. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. **Revista Agropecuária Tropical**, Cuiabá, v.8, p.57-75, 2004.

OLIVEIRA, T.K. et al. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, Lavras, v.13, n.1, p.40-50, 2007.

OLIVEIRA, T.K. Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de cerrado. 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoral del espinal. II. Influencia del espinal (acácia caven (Mol.) Hook et Am.) sobre algunos elementos del médío. **Agricultura Técnica**, Santiago, v.44, n.4, p.353-362, 1984.

PACIULLO, D.S.C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007.

PASSIOURA, J.B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of Soil Research**, v.29, p.717-728, 1991.

PEDROTTI, A. et al. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um planossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.709-715, 2001.

PITOL, C.; GOMES, E.L. ; ERBES, E.I. **Avaliação de cultivares de soja em plantio direto sobre braquiárias**. In: FUNDAÇÃO MS. **Resultados de pesquisa e experimentação**: safra 2000/2001. Maracaju: [s.n.], 2001. p.40-48.

POTTER, K.N.; CRUSE, R.M.; HORTON, R. Tillage effects on thermal properties. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, n.4, p.968-973, 1985.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris para o Brasil pecuário. 2010. Disponível em: <<http://www.jornalagronegocio.com.br>>. Acesso em: 07 mar. 2013.

RAIJ, B.van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.

REIS, H.A. et al. Agrossilvicultura no cerrado, região noroeste do estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E.N. et al. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.137-154.

RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E.; PEREIRA, J. Matéria orgânica em solos de cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuárias dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, DF: [s.n], 1994. p.144-152.

RUSSEL, R.S.; GOSS, M.J. Physical aspects of soil fertility – the response of roots to mechanical impedance. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.22, p.305-318, 1974.

SALTON, J.C. Raiz: a solução do problema. **Direto no Cerrado**, Brasília, v.6, n.19, p.6-7, jan./fev. 2001.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1637-1645, 1990.

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SPERA, S.T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, v.36, n.1, 2006.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SCHREINER, H.G.; BALLONI, E.A. Consórcio das culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill exMaiden) no Sudeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.12, p.83-104, jun. 1986.

SCHREINER, H.G. Culturas intercalares de soja em reflorestamentos de eucaliptos no Sul - Sudeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.18/19, p.1-10, jun./dez. 1989.

SEGUY, L. et al. **Gestão dos solos e das culturas nas fronteiras agrícolas dos cerrados úmidos do Centro- Oeste**: I. destaques 1992 e síntese atualizada 1986/92. II. gestão ecológica dos solos : relatório. Lucas do Rio Verde: CIRAD, 1992. 107p.

SHELTON, H.M., HUMPRHEYS, L.R., BATELLO, C. Pasture in the plantations of Asia and the Pacific performance and prospect. **Tropical Grassland**, v.21, n.4, p.159-168, 1986.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.181-184, 1986.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESC, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p.541-547, set./dez. 1994.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.253-260, 2001.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.855-860, 2002.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.2, p.387-394, abr./jun. 2001.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOUSA, D.M.G. et al. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um Latossolo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

SOUZA, R.E.T. Produção de soja em sistema agrossilvipastoril com eucalipto no cerrado. 2011. 39f. Monografia - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SOUZA, W. et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.677-684, 2010.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR/STOLF. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, 1983.

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**, Campinas, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

TASSO JÚNIOR, L.C.; MARQUES, M.O.; NOGUEIRA, G.A. **A cultura do amendoim**. Jaboticabal: UNESP, 2004. 218p.

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TORRES, J.L.R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

VIEIRA NETO, S.A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.861-870, 2008.

WIERENGA, P.J. et al. **Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity**. In: ANNUAL MEETING SOIL SOCIETY OF AGRONOMY, 30., Detroit, 1980. **Proceeding...** Detroit, Soil Science Society America, 1982. p.69-90.

WILKINS, R.J. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences**, v.363, p.517-525, 2008.

WOHLENBERG, E.V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.891-900, 2004.

UNGER, P.W. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth. **Agronomy Journal**, v.70, p.858-864, 1978.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.7-52.