

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DISPONIBILIDADE DE FATORES DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE CULTURAS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA

Fernando Oliveira Franco
Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISPONIBILIDADE DE FATORES DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE CULTURAS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

**Fernando Oliveira Franco
Prof. Dr. José Eduardo Corá**

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Ciência do Solo).**

2017

Franco, Fernando Oliveira
F825d Disponibilidade de fatores de produção e desempenho
agronômico de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária-
floresta/ Fernando Oliveira Franco. – – Jaboticabal, 2017
xx, 123 p.: il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: José Eduardo Corá
Banca examinadora: Carolina Fernandes, Edson Luiz Mendes
Coutinho, Beno Wendling, Vanderley Porfírio da Silva
Bibliografia

1. Urograndis. 2. *Corymbia citriodora*. 3. *Zea mays*. 4. *Glicyne
max*. 5. *Urochloa brizantha*. 6. Agrossilvipastoril. 7. Sustentabilidade.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.47:633.15:633.34:582.776

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

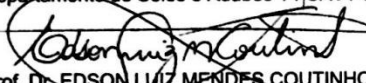
**TÍTULO: DISPONIBILIDADE DE FATORES DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO
DE CULTURAS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

AUTOR: FERNANDO OLIVEIRA FRANCO

ORIENTADOR: JOSÉ EDUARDO CORÁ

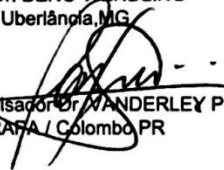
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. CAROLINA FERNANDES
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. BENO WENDLING
UFU / Uberlândia, MG


Pesquisador Dr. WANDERLEY PORFÍRIO DA SILVA
EMBRAPA / Colombo, PR

Jaboticabal, 03 de fevereiro de 2017.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Fernando Oliveira Franco nascido em 19/05/1987 em Uberlândia MG, cursou ensino fundamental e médio em Gurinhatã MG, em 23/10/2006 ingressou no curso de Agronomia no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, onde em 20/12/2010 obteve o título de Bacharel em Agronomia. Em 03/03/2011 ingressou no programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) pela mesma instituição, onde se tornou Mestre em 26/02/2013, defendendo a Dissertação intitulada (Fontes de fósforo na implantação de sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: atributos físicos do solo, matéria orgânica e produtividade da soja). Em 03/03/2013 ingressou no programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus Jaboticabal SP, buscando a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Ciência do Solo nesta presente data. Concomitante ao período de doutorado foi Professor assistente A, pelo Centro Universitário de Rio Preto, no qual, ministrou aulas até 05/02/2016, quando deixou então a instituição para assumir as aulas de Física do Solo e Manejo e Conservação do Solo e da Água na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo como professor Substituto. Em 18/07/2016 foi contratado junto a EPAMIG – Empresa de Pesquisa em Agropecuária de Minas Gerais, para gerenciar o Campo Experimental Getúlio Vargas, situado em Uberaba MG.

Tenha calma!!!

Se não deu certo, é porque pode ser melhorado.

Dedico esta tese a todos que torceram por mim, em especial à **Gislaine**, minha mãe querida que todos os dias acreditou no meu sucesso, ao meu pai **Paulo**, que igualmente acreditou, ao meu irmão e colega de profissão **Paulo Eduardo** que muitas vezes espelhou em meu trabalho, ao meu afilhadinho **Guilherme**, que este trabalho sirva de inspiração para sua caminhada escolar e profissional e por último, a minha namora **Carla**, que foi além de namorada, amiga, companheira, incentivadora e que também sempre acreditou na minha vitória.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pois sem ele nada teria sentido.

Aos meus pais, **PAULO** e **GISLAINE**, por me darem a vida e me ensinarem a dar valor nela.

Ao meu orientador **Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ**, por confiar no meu trabalho e não medir esforços em compartilhar seus conhecimentos.

À **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp – Campus Jaboticabal**, por possibilitar nossa presença aqui e execução deste trabalho.

À todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), em especial nas pessoas de **MARCELO SCATOLIN** e **EDVALDO NASCIMENTO**, por mobilizarem suas equipes para a condução do experimento.

Aos professores que compõe essa banca examinadora, e contribuirão enormemente para o fechamento deste trabalho com “Chaves de Ouro”.

À minha “irmã de orientação” **PRISCILA VOLANTE**, pela ótima convivência e conhecimentos compartilhados durante estes anos.

Aos alunos orientados e orientandos de iniciação científica do Prof. Corá, **ANIELE, CAINÃ (MATILAT), FÁBIO (TIFANÍ), FÁBIO (TROPA), GABRIEL (VÓ), LARISSA e NATÃ**, pelo apoio dado para execução deste trabalho.

Ao meu irmão **PAULO EDUARDO** e meu primo **PATRICK**, pelo apoio na execução das últimas análises realizadas em laboratório, as quais foram realizadas durante suas férias da faculdade.

Aos “irmãos de casa” **GEFFSON, MARCELO** e **RENER**, por compartilharmos e vivermos verdadeiramente como irmãos durante estes anos.

Aos colegas e servidores do Departamento de solos e Adubos, pelo apoio dado ao trabalho.

Aos meus amigos e familiares que, onde quer que estejam, estão torcendo pelo meu sucesso.

Em especial à minha namorada **CARLA SIM**, por proporcionar bons momentos, até mesmo nessa fase difícil de defesa de Tese.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xx
1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 Sistema de Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF)	23
2.2 Interações entre as espécies que compõe o sistema ILPF	25
2.3 Componentes do sistema versus fatores de produção	27
2.3.1 Componente florestal	27
2.3.2 Componente agrícola e pecuário	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Caracterização da área experimental	38
3.2 Descrição detalhada dos sistemas	40
3.2.1 Sistemas ILPF1 e ILPF2	40
3.2.2 Sistema ILP	43
3.3 Histórico temporal do estudo	43
3.4 Delineamento experimental, tratamentos e análises estatísticas	45
3.5 Amostragem e metodologia para análise das variáveis	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 Crescimento do componente florestal	55
4.2 Disponibilidade dos fatores abióticos de produção	59
4.2.1 Atributos climáticos	59
4.2.2 Atributos físicos do solo	61

4.2.3	Dinâmica da água no solo.....	71
4.2.4	Atributos químicos do solo	76
4.3	Desenvolvimento das culturas anuais e forrageira	95
4.3.1	Milho	95
4.3.2	Soja.....	99
4.3.3	Brachiaria marandu.....	100
4.4	Comparação entre os diferentes sistemas de usos do solo	101
4.5	Interações entre os componentes dos sistemas ILPFs	105
5.	CONCLUSÃO	107
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
7.	REFRÊNCIAS.....	110

DISPONIBILIDADE DE FATORES DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTURAS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA- PECUÁRIA-FLORESTA

RESUMO – O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) consiste na integração das atividades agrícola, pecuária e florestal. Esta integração faz com que ocorram interações entre as atividades, produzindo efeitos sinérgicos, nulos ou antagônicos, a cerca dos fatores de produção. A magnitude destes efeitos apresenta variabilidade espacial, temporal e dependem de características específicas de cada componente que compõe o sistema ILPF. Sendo assim, o presente trabalho teve como hipótese que diferentes espécies e cultivares arbóreas, assim como posição espacial e temporal afetam de maneira diferente os fatores de produção, causando distintas interações entre as espécies que compõem o sistema ILPF e consequentemente influenciando em suas produtividades. Apresentou como objetivos: 1 – avaliar o desenvolvimento de uma espécie e um cultivar de eucalipto (componente florestal) em distintas posições espaciais no renque; 2 – avaliar o efeito do componente florestal nos fatores de produção relacionados às culturas anuais no sistema ILPF; 3 – avaliar o desempenho agrônomo das culturas anuais (componente agrícola) e forrageiras (componente pecuário) no sistema ILPF; 4 – comparar o sistema ILPF com ILP (integração lavoura-pecuária) em relação aos fatores de produção; e 5 – avaliar o resultado das interações entre os componentes do sistema ILPF em relação ao sistema ILP. O estudo foi realizado no município de Jaboticabal, SP no período de janeiro de 2014 a agosto de 2016. O delineamento experimental utilizado foi o do tipo sistemático, contudo, para aplicação dos testes estatísticos foi considerado como se em delineamento inteiramente casualizado. Para a avaliação do componente florestal foram considerados como tratamentos às linhas de árvores posicionadas ao norte e ao sul do renque. Para a avaliação do desenvolvimento dos demais componentes do sistema ILPF, assim como, da disponibilidade dos fatores de produção, foram considerados como tratamento a combinação entre as posições norte e sul e as proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque e o sistema ILP, como tratamento adicional. O sistema ILPF1, formado pelo clone I144 e o sistema ILPF2, formado pelo *Corymbia citriodora* foram comparados entre si pela análise conjunta dos dados. 1 – Em sistema ILPF o clone I144 cresce mais que a espécie *Corymbia citriodora*, especialmente na linha ao norte do renque, após 18 meses de idade; 2 – A disponibilidade de luz, cálcio e magnésio na faixa de um a três metros entre os renques no sistema ILPF é reduzida após 6 meses de idade das espécies florestais. Em contra partida há nesta posição, melhoria da qualidade física do solo, assim como, aumento nos teores de P e K; 3 – O componente florestal reduziu a produtividade das culturas semeadas na faixa entre 1 e 7 metros do renque, após 18 meses de idade das espécies arbóreas; 4 – O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta composto pela espécie *C. citriodora* possibilitou maior disponibilidade dos fatores naturais de produção para as espécies semeadas entre os renques; 5 – A interação sinérgica entre a espécie *C. citriodora* e a cultura do milho foi observada até a segunda safra, enquanto que a sinergia entre o clone I144 e a cultura do milho se limitou ao primeiro plantio. Após 19 meses de

idade do componente florestal há sinergia entre as espécies florestais e o capim marandu.

Palavras-chave: urograndis, *Corymbia citriodora*, *Zea mays*, *Glicyne max*, *Urochloa brizantha*, agrossilvipastoril, sustentabilidade.

AVAILABILITY OF PRODUCTION FACTORS AND AGRONOMIC PERFORMANCE OF CULTURES IN A CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT – The crop-livestock-forest integration system (ILPF) consists of the integration of agricultural, livestock and forestry activities. This integration causes interactions between activities to occur, producing synergistic, null or antagonistic effects, around the factors of production. The magnitude of these effects presents spatial and temporal variability and depend on the specific characteristics of each component that makes up the ILPF system. Thus, the present work hypothesized that different tree species and cultivars, as well as spatial and temporal position, affect the production factors differently, causing different interactions between the species that make up the ILPF system and consequently influencing its productivities. He presented as objectives: 1 - to evaluate the development of a species and a cultivar of eucalyptus (forest component) in different spatial positions in the frog; 2 - to evaluate the effect of the forest component on the production factors related to annual crops in the ILPF system; 3 - to evaluate the agronomic performance of the annual crops (agricultural component) and fodder (livestock component) in the ILPF system; 4 - to compare the ILPF system with ILP (crop-livestock integration) in relation to the factors of production; and 5 - to evaluate the result of the interactions between the components of the ILPF system in relation to the ILP system. The study was carried out in the municipality of Jaboticabal, SP, between January 2014 and August 2016. The experimental design used was of the systematic type, however, for the application of the statistical tests was consider as if in a completely randomized design. For the evaluation of the forest component were consider as treatments to the tree lines positioned to the north and the south of the row. In order to evaluate the development of the other components of the ILPF system, as well as the availability of the factors of production, the combination between the north and south positions and the proximities P2,5, P5,5 and P8,5 were considered as a treatment and the ILP system as additional treatment. The ILPF1 system, formed by the clone I144 and the ILPF2 system, formed by *Corymbia citriodora* were compar to each other by the analysis of the data. 1 - In ILPF system clone I144 grows more than the species *Corymbia citriodora*, especially in the line to the north of the frog, after 18 months of age; 2 - The availability of light, calcium and magnesium in the range of one to three meters between the renques in the ILPF system is reduced after 6 months of the forest species. On the contrary, there is in this position, improvement of the physical quality of the soil, as well as, increase in the levels of P and K; 3 - The forest component reduced the productivity of crops sown in the range between 1 and 7 meters of the frog, after 18 months of age of the tree species; 4 - The crop-livestock-forest integration system composed of the species *C. citriodora* allowed greater availability of the natural production factors for the species sown among the species; 5 - The synergistic interaction between *C. citriodora* and maize was observed until the second harvest, while the synergy between clone I144 and maize was limited to the first planting. After 19 months of the forest component there is synergy between forest species and Marandu grass.

KEYWORDS: *urograndis*, *Corymbia citriodora*, *Zea mays*, *Glicyne max*, *Urochloa brizantha*, agrosilvopastoral, sustainability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise granulométrica e atributos químicos, nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	40
Tabela 2. Porosidade total (PT), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC), densidade do solo (Ds), resistência do solo a penetração (RP) e diâmetro médio ponderado (DMP), nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.....	40
Tabela 3. Resumo cronológico das atividades realizadas no experimento UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.....	45
Tabela 4. Resumo das variáveis analisadas e a descrição do momento em que foram realizadas, considerando tempo zero o momento de implantação dos sistemas, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	54
Tabela 5. Crescimento em altura e DAP aos 6, 12, 18 e 24 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	56
Tabela 6. Incremento Médio Anual (IMA) de madeira aos 6, 12, 18 e 24 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	58
Tabela 7. Iluminância e umidade relativa do ar aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	60
Tabela 8. Iluminância e umidade relativa do ar aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	61
Tabela 9. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Densidade do solo (Ds) na camada de 0 a 0,10 m, aos seis meses de	

idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	63
Tabela 10. Resistência do solo a penetração (RP) nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	64
Tabela 11. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Desnidade do solo (Ds) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	66
Tabela 12. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Desnidade do solo (Ds) na camada de 0 a 0,10 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	68
Tabela 13. Resistência do solo a penetração (RP) nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	69
Tabela 14. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Desnidade do solo (Ds) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	70
Tabela 15. Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de março de 2016, aos 27	

meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P0, P2,5, e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017. 74

- Tabela 16.** Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de abril de 2016, aos 27 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pela espécie *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P0, P2,5, e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.75
- Tabela 17.** Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de abril de 2016, aos 27 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.76
- Tabela 18.** Teor de fósforo no solo, nas camadas 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pela espécie *C. citriodora* (ILPF2) nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.77
- Tabela 19.** Teor de cálcio no solo, nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.79
- Tabela 20.** Teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.80
- Tabela 21.** Teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.82

- Tabela 22.** Teores de cálcio, magnésio e saturação por bases (V) no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) e pH em CaCl_2 e teor de H^+Al no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), na camada de 0 a 0,10 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.83
- Tabela 23.** Teores de potássio, cálcio, magnésio, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) no solo, na camada de 0 a 0,10 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.85
- Tabela 24.** Valores de pH em CaCl_2 no solo, nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.86
- Tabela 25.** Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, P, K, Ca, Mg, H^+Al , SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.87
- Tabela 26.** Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, Ca, Mg, H^+Al , SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.88
- Tabela 27.** Teores de fósforo nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m e teores de cálcio, soma de bases (SB) e CTC total (T) no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) na camada de 0 a 0,10 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.89

- Tabela 28.** Valores de pH em CaCl_2 e teores de potássio no solo, na camada de 0 a 0,10 m e teores de potássio, cálcio, soma de bases (SB) e CTC total (T) na camada de 0,10 a 0,20 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.90
- Tabela 29.** Teores de potássio no solo, na camada de 0 a 0,10 m e teores de fósforo na camada de 0,10 a 0,20 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.91
- Tabela 30.** Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.93
- Tabela 31.** Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.94
- Tabela 32.** Produtividade de milho (kg ha^{-1}) produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 6, 18 e 30 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.96
- Tabela 33.** Produtividade de milho (kg ha^{-1}) produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 18 e 30 meses de idade, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.97

Tabela 34. Teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no milho produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 18 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	98
Tabela 35. Produtividade de milho (kg ha^{-1}) e teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no milho aos 6, 18 e 30 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.....	99
Tabela 36. Teor de nitrogênio foliar do capim marandu produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 7 meses de idade e massa seca de forragem (MSF) aos 19 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2) nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	100
Tabela 37. Teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) e massa seca de forragem (MSF) aos 7 e 19 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	101
Tabela 38. Iluminância, e umidade relativa nos diferentes sistemas de uso, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais.	101
Tabela 39. Atributos físicos do solo nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos diferentes sistemas de uso, aos 6 e 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.	102
Tabela 40. Atributos químicos do solo nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos diferentes sistemas de uso, aos 6, 12 e 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.	103
Tabela 41. Produtividade de milho aos 6, 18 e 30 meses após implantação das mudas de árvores e teores foliares de P, N e K aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.	104
Tabela 42. Produtividade de soja e teores foliares de P, N e K aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais.....	104

Tabela 43. Matéria seca de forragem (MSF) e teores foliares de P, N e K aos 7 e 19 meses de idade das diferentes espécies florestais..	105
Tabela 44. Análise da interação entre o clone I144, e a espécie <i>C. citriodora</i> , com a cultura do milho aos 6, 18 e 30 meses, com o capim marandu aos 7 e 19 meses e com a cultura da soja aos 12 meses.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Normal climatológica do município de Jaboticabal – SP. Dados da estação agroclimatológica UNESP – FCAV.....	38
Figura 2. Dados de precipitação do município de Jaboticabal – SP, ao longo do período estudado. Disponibilizados pela estação agroclimatológica UNESP – FCAV.....	39
Figura 3. Croqui da área experimental com detalhes dos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP.....	44
Figura 4. Detalhe da unidade amostral com a disposição (fator 2) e dimensões das subparcelas em relação ao renque.....	48
Figura 5. Detalhe mostrando a disposição dos tensiômetros utilizados para a determinação do conteúdo de água disponível (CAD).	51
Figura 6. Detalhe do sombreamento causado pelas plantas de milho nas linhas de árvores plantadas ao norte e ao sul do renque, às 11:00 no 27/04/2014, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.	56
Figura 7. Umidade volumétrica na capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), e capacidade de água disponível nos sistemas formado pelo clone I144 (ILPF1) e <i>C. citriodora</i> (ILPF2), obtido da média das camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m do solo, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.....	72

1. INTRODUÇÃO

O sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), também denominado de Agrossilvipastoril, consiste na integração das atividades agrícola, pecuária e florestal. A integração entre estas atividades ocorrem em rotação, consórcio ou sucessão, possibilitando a diversificação da produção agrícola no espaço e no tempo.

Por definição, o sistema ILPF é constituído pelo componente florestal, composto por espécies perenes, pelo componente agrícola, composto por espécies anuais, e pelo componente pecuário, composto por espécies forrageiras e animais.

Em 29 de abril de 2013 foi criada a Lei nº 12.805, chamada de Lei nacional de integração lavoura, pecuária e floresta. Esta Lei busca a integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais, efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, com vistas à recuperação de áreas degradadas, à viabilidade econômica e à sustentabilidade. A partir disto, a importância da pesquisa e difusão dos sistemas ILPFs aumentou em todas as regiões produtoras do país.

Pesquisas no Brasil e no mundo têm mostrado quão diversas são as possibilidades de espécies para compor cada componente, e quão diversa são as formas de rotação, sucessão e consórcios entre os componentes do sistema ILPF.

Interações nulas, sinérgicas ou competitivas entre as espécies que compõem os componentes têm sido observadas. Estas interações variam no espaço e no tempo, dependem das características intrínsecas de cada espécie e da disponibilidade dos fatores de produção. Portanto, são informações pontuais, retratando condições específicas de cada local, o que aumenta a importância da realização de estudos no âmbito regional.

Dentre os fatores de produção, destacam-se os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além dos atributos climáticos, como: disponibilidade luminosa, temperatura do ar, umidade relativa e vento.

Como principais benefícios da adoção do sistema ILPF podem-se citar a redução da pressão por aberturas de novas áreas de vegetação nativa, maior biodiversidade, eficiência na utilização da água e nutrientes, sequestro de carbono,

redução da emissão de gases de efeito estufa, controle da erosão, melhoria da estrutura e atividade microbiana do solo. Além destes, verifica-se ainda, maior diversidade de produtos, tais como: produção de alimentos (grãos, carne, leite e derivados) e energia (lenha e carvão vegetal).

Estes benefícios dependem das características de cada espécie que constituem os componentes (agrícola, pecuário e florestal), do arranjo espacial do componente florestal, do tempo de estabelecimento do sistema e da disponibilidade dos fatores de produção.

Contudo, para determinação da interação entre as espécies, atenção especial deve ser dada ao componente florestal, já que este proporciona alterações no balanço de energia local, alterando a disponibilidade dos fatores de produção. Neste contexto, são necessários estudos visando obter informações regionalizadas sobre espécies arbóreas (componente florestal), eficientes na utilização dos componentes de produção e que não comprometa o desenvolvimento das demais espécies que compõe o sistema ILPF.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como hipótese que diferentes espécies e cultivares arbóreas, assim como posição espacial e temporal afetam de maneira diferente os fatores de produção, causando distintas interações entre as espécies que compõem o sistema ILPF e consequentemente influenciando em suas produtividades.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivos: 1) avaliar o desenvolvimento de uma espécie e um cultivar de eucalipto (componente florestal) em distintas posições espaciais no renque; 2) avaliar o efeito do componente florestal nos fatores de produção relacionados às culturas anuais no sistema ILPF; 3) avaliar o desempenho agrônômico das culturas anuais (componente agrícola) e forrageiras (componente pecuário) no sistema ILPF; 4) comparar o sistema ILPF com ILP (integração lavoura-pecuária) em relação aos fatores de produção; 5) avaliar o resultado das interações entre os componentes do sistema ILPF em relação ao sistema ILP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema de Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF)

O sistema ILPF, também denominado Agrossilvipastoril, ou Agroflorestal consiste na integração da atividade agrícola, pecuária e florestal em rotação, consórcio ou sucessão (MENDES et al., 2013). Dessa maneira, o sistema é constituído pelo componente agrícola, pelo componente pecuário e pelo componente florestal.

O componente agrícola pode ser composto por espécies anuais como milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.), arroz (*Oryza sativa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (BERTOMEU et al., 2011; FREITAS et al., 2013; KLEINPAUL et al., 2010; LANZANOVA et al., 2007; LI et al., 2008; MACEDO et al., 2006; MARIN et al., 2006; PACIULLO et al., 2011; SIRIRI, 2013; STIEVEN et al., 2014).

O componente pecuário é constituído por forrageiras do gênero *Urochloa* sin. *Brachiaria* (*Urochloa decumbens* (STAPF) R. Webster, *Urochloa ruziziensis* (STAPF) R. Webster, *Urochloa brizantha* (HOCHST) R. Webster) (FRANCHINI et al., 2014; FREITAS et al., 2013; STIEVEN et al., 2014) entre outras. Dentre os animais que compõe o componente pecuário, há grande diversidade de espécies, raças e categorias (SOUZA et al., 2010).

O componente florestal possui ampla variabilidade de espécies, tais como, *Dalbergia nigra* (VELL) Benth (Jacarandá da Bahia), *Enterolobium contortisiliquum* (VELL) Morong (Orelha de Negro), *Peltophorum dubium* Spreng (Angico Canjiquinha), *Gliricidia sepium* Jacq (Gliricidia) (DIAS et al., 2006; MARIN et al., 2006), *Acacia mangium* Willd (Acácia), *Acacia mearnsii* Wild (Acácia negra) (FREITAS et al., 2013; KLEINPAUL et al., 2010), *Pinus radiata* (D.) Don (MEAD et al., 2010), *Eucalyptus deglupta* Blume (BERTOMEU et al., 2011); *Eucalyptus camaldulensis* Denh, *Eucalyptus urophylla* (S.T.) Blake (MACEDO et al., 2006), híbridos clonados, oriundo do cruzamento de *Eucalyptus grandis* (MAIDEN) W. Hill x

Eucalyptus urophylla (MAIDEN) W. Hill (COELHO et al., 2014; DIEL et al., 2014; FREITAS et al., 2013; KLEINPAUL et al., 2010; STIEVEN et al., 2014), *Corymbia maculata* E. Henryi (FRANCHINI et al., 2014) e *Corymbia citriodora* Hill & Johnson (MARASENI et al., 2009).

Segundo Nair e Nair (2014), os principais benefícios do sistema ILPF são o potencial de rendimento sustentado, conservação do solo, diversificação da atividade rural e bem estar animal.

O potencial de rendimento sustentado foi verificado pela redução da pressão por aberturas de novas áreas de vegetação nativa (JINDAL et al., 2008; RAMADHANI et al., 2002), promoção de maior biodiversidade (JINDAL et al., 2008; MUHAMAD et al., 2013), maior eficiência na utilização da água e nutrientes (AJAYI et al., 2011; LISTE; WHITE, 2008; LIVESLEY et al., 2004; LORENZ; LAL, 2014; ONG et al., 2007), sequestro de carbono e redução da emissão de gases de efeito estufa, quando comparado a monoculturas anuais (LENKA et al., 2012; LORENZ; LAL, 2014; NAIR; NAIR, 2014).

A conservação do solo é alcançada pelo controle da erosão, que se dá em função da proteção física exercida pelas raízes (SIGUNGA et al., 2015) e proteção do solo pelo impacto da gota de chuva pela serapilheira (REYNOLDS et al., 2007). A cobertura do solo e as raízes proporcionam aumento do teor de matéria orgânica com consequente melhoria da estrutura do solo, diminuição da amplitude térmica e umidade, favorecendo aumento da atividade e biodiversidade microbiana (MITCHELL et al., 2010), agregação do solo e infiltração de água.

A diversificação da atividade rural se dá pela heterogeneidade de produtos e serviços que podem ser obtidos no sistema, tais como, produção de alimentos (grãos, frutas, produtos medicinais, mel, entre outros), energia (lenha e carvão vegetal) e forragem (produção de carne, leite e derivados) (SILESHI et al., 2007).

É importante não negligenciar as interações competitivas que podem ocorrer no sistema ILPF. Presença de pragas, doenças, queimadas, seca ou outros fatores bióticos ou abióticos (SILESHI et al., 2007) podem afetar o componente florestal. As espécies do componente agrícola e pecuário podem ser afetadas pelo componente florestal pela competição por luz, água e nutrientes (MOSQUERA-LOSADA et al., 2010).

Interações negativas entre os componentes são mais ou menos pronunciadas em função das características de cada espécie que constitui os componentes; do arranjo espacial; do tempo de estabelecimento do sistema e da disponibilidade dos fatores de produção (BERTOMEU et al., 2011; KLEINPAUL, et al., 2010; LORENZ; LAL, 2014; MARIN et al., 2006; MOSQUERA-LOSADA et al., 2010; SANOU et al., 2012) refletindo na produtividade do sistema como um todo e na qualidade do solo (FORRESTER, 2014; MEAD et al., 2010). Dentre os fatores de produção destacam-se os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além dos atributos climáticos, como luminosidade, temperatura, umidade relativa e vento (MEAD et al., 2010).

2.2 Interações entre as espécies que compõe o sistema ILPF

A interação entre os componentes no sistema Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é definida pelo efeito de uma espécie presente em um componente no desempenho das outras espécies (FORRESTER, 2014; MEAD et al., 2010; PEZZONI et al., 2012). Essas interações apresentam variação espacial e temporal (FRANCHINI et al., 2014), podendo ser sinérgica, competitiva ou nula (FORRESTER, 2014; SANOU et al., 2012), dependendo de características intrínsecas de cada espécie e da disponibilidade dos fatores de produção (FORRESTER, 2014).

As interações dependem da capacidade das árvores sombrearem as demais; da capacidade do sistema radicular competir por água e nutrientes (BOYDEN et al., 2012; FORRESTER, 2014); da eficiência na conversão alimentar dos animais e da mitigação do impacto causado pela compactação do solo no desenvolvimento das culturas e emissão de gases de efeito estufa.

As interações entre as espécies são dinâmicas, mudando em função da disponibilidade dos fatores de produção. Interações nulas ou sinérgicas podem se tornar competitivas com o passar do tempo, e/ou em função da disposição espacial que as espécies se encontram (KLEINPAUL et al., 2010; PRETZSCH et al., 2013).

O resultado das interações entre os componentes é função direta da disponibilidade dos fatores de produção, da capacidade de absorção dos fatores de

produção e eficiência com que são utilizados pelas espécies que compõe cada componente (FORRESTER et al., 2011). Essas interações podem ser quantificadas pelo Modelo Conceitual de Complementariedade (Sinergismo) (Eq.1), proposto por Forrester et al. (2011).

(Eq.1)

$$\text{Sinergismo}(\%) = \frac{\text{PRODUTIVIDADE}_{ILPF} - \text{PRODUTIVIDADE}_{ILP}}{\text{PRODUTIVIDADE}_{ILP}} * 100$$

As interações são mais pronunciadas em condições onde os fatores de produção (nutrientes, água e luz) são limitados (FORRESTER, 2014). A maior eficiência de uso dos fatores de produção tende a manter ou aumentar a produtividade do sistema.

Como mecanismos que proporcionam interações sinérgicas e complementares podem ser citados: a ciclagem de nutrientes; associações micorrízicas; dinâmica do sistema radicular contrastantes entre espécies (diferente volume de solo explorado pelas raízes e diferente volume de água absorvida pelas diferentes espécies) (NEUMAN; CARDON, 2012; PRETZSCH et al., 2013; ROTHE; BINKLEY, 2001) e sombreamento (aumento do tamanho da copa das espécies do componente florestal em decorrência da melhoria das condições de solo - nutrientes e água) (POORTER et al., 2012).

Variações temporais ocorrem pelo fato de que as espécies apresentam dinâmica de crescimento diferente, podendo ocorrer mudanças na dominância de espécies ou efeitos de complementaridade (CAVARD et al. 2011; FORRESTER et al., 2011).

O fechamento da copa das espécies do componente florestal reduz a disponibilidade de luz, podendo se tornar limitante para o crescimento das espécies do componente agrícola e pecuário, causando interação líquida negativa (FORRESTER, 2014). O maior porte da planta resulta ainda, em maior transpiração e competição por água entre as espécies (KUNERT et al., 2012).

Entender como a variabilidade estrutural do sistema ILPF afeta a distribuição dos fatores de produção, tem particular aplicação para a escolha do arranjo espacial e manejo das espécies, de forma a adequar o ambiente para as características de cada uma (BOYDEN et al., 2009).

2.3 Componentes do sistema versus fatores de produção

2.3.1 Componente florestal

O componente florestal é dominante sobre os demais componentes (RAO et al., 1998), define o sistema ILPF, pois está presente em todo o ciclo, influenciando diretamente na magnitude das interações entre os componentes agrícola e pecuário. É constituído por espécies arbóreas perenes, plantadas em arranjos sistemáticos, de forma a possibilitar o consórcio com os componentes agrícola e pecuário.

O ciclo do componente florestal é bastante variável, dependendo da espécie utilizada, da aptidão para uso, fabricação de papel e celulose (GONÇALVES et al., 2013) e produção de madeira (MARASENI et al. 2009).

A magnitude das interações entre o componente florestal e os componentes agrícola e pecuário, depende da densidade, da idade e da orientação de plantio das árvores (BOYDEN et al., 2009; DUFOUR et al., 2013; MUTHURI et al. 2009; SPRUGEL et al., 2009). Portanto, atenção especial deve ser dada à escolha da espécie arbórea, ao arranjo espacial das plantas e ao manejo a ser utilizado no componente florestal, de modo que não cause redução da disponibilidade dos fatores de produção (água, oxigênio, nutrientes e luz) para as espécies dos componentes agrícola e pecuário.

Assim, pesquisas têm sido realizadas buscando identificar as espécies arbóreas mais adequadas para constituir o componente florestal, qual o arranjo espacial mais adequado e esclarecer como se dá a disponibilidade temporal e espacial dos fatores de produção no sistema ILPF (DUFOUR et al., 2013; LI et al., 2008; REYNOLDS et al., 2007).

2.3.1.1. Componente florestal e disponibilidade de Luz

Onde não há escassez de água e nutrientes, a disponibilidade de luz explica as diferenças de rendimento em sistemas ILPF (BERTOMEU, 2012; FORRESTER, 2014). A disponibilidade de luz no sistema ILPF é influenciada pela densidade de árvores (número e uniformidade de árvores por área), pela idade das árvores (altura, diâmetro à altura do peito e extensão de copa), pela orientação das linhas de plantio e pela distância entre as árvores do componente florestal. A densidade, altura, diâmetro à altura do peito e distância de até 15 m das árvores explicaram 75% da variação da luz nos sistemas ILPF (BOYDEN et al., 2009).

A sombra é resultado da interceptação dos raios solares pelas árvores, portanto, depende da orientação das linhas, altura, DAP e homogeneidade das mesmas (GONÇALVES et al., 2013; LI et al., 2008; REYNOLDS et al., 2007; SPRUGEL et al., 2009), assim como dos ângulos de declinação e elevação solar (COELHO et al. 2014).

O ângulo de declinação solar está relacionado ao movimento de translação da terra, definindo o movimento aparente do sol ao longo das estações do ano. Já o ângulo de elevação solar está relacionado ao movimento de rotação da terra, e define o movimento aparente do sol ao longo do dia (OLIVEIRA, 2008). O movimento do sol em função da declinação varia entre as latitudes 23,45° norte e 23,45° sul do equador em função do dia juliano. Já o posicionamento ao longo do dia varia entre as posições leste (antes do meio dia solar) e oeste (depois do meio dia solar) do meridiano. O meio dia solar significa o momento exato em que o sol está a pino, não sombreando a face leste nem a face oeste do meridiano. Assim, é importante que o direcionamento das linhas esteja no sentido do movimento aparente do sol ao longo das estações do ano. No entanto, essa condição nem sempre é atendida, haja vista que a conservação do solo deverá sempre ser priorizada. Tornando importante o manejo de poda, visto que influenciam diretamente no aparecimento de sombra nos espaços entre os renques.

A luz disponível, medida através da iluminância, apresenta relação com a irradiância solar global (W m^{-2}) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR). As quais

são responsáveis por interferir na temperatura, pressão, vento, umidade e fotossíntese (BOYDEN et al., 2009; DUFOUR et al., 2013; LI et al., 2008; REYNOLDS et al., 2007; SPRUGEL et al., 2009).

Reynolds et al. (2007), compararam o híbrido de álamo (híbrido DN177 oriundo de *Populus nigra* x *Populus deltoides*), com características favoráveis à penetração da luz no sub-bosque, com borda de prata (*Acer sacharrinum*), planta com copa larga e densa com alto potencial de interceptação de luz. Por ocasião da avaliação, as plantas de álamo apresentavam 12 m de altura e as de borda de prata 8 m, espaçadas de 12 m no sentido norte-sul. Os autores não observaram diferenças nos valores médios de PAR entre os dois sistemas agroflorestais. No entanto, observaram redução significativa da PAR a dois metros da linha de árvores, independentemente da espécie.

Dufour et al. (2013) em região temperada, não encontraram diferenças significativas na PAR para o trigo consorciado com noqueira (híbrido NG23 oriundo de *Juglans nigra* x *Juglans regia*) com 11 anos de idade, plantada em linhas espaçadas de 13 m no sentido leste-oeste. Contudo, ao considerarem a posição em relação à linha de árvores, observaram redução de 66% na PAR a três metros da linha de árvores na face norte.

Coelho et al. (2014), avaliando a PAR em dois arranjos do clone urograndis (linhas duplas e linhas simples com espaçamento de 9 x 2 m) e dois locais de amostragem (centro da linha e sob a copa das árvores) não observaram diferença significativa na PAR em decorrência do arranjo de linhas. No entanto, observaram maior PAR na posição sob a copa das árvores e atribuíram o resultado à declinação solar e altura das plantas.

Li et al. (2008) observaram redução na PAR para a cultura de trigo cultivada nas entrelinhas de paulownia (Paulownia Híbrido 33' oriundo de *Paulownia tomentosi* x *Paulownia fortunei*) com 9 anos de idade, 13 m de altura e espaçadas de 20 m no sentido norte-sul.

Em simulações de cenários ILPF com modelo WaNuLCAS, Van Noordwijk et al. (2008), observaram valores de luz relativa próximos de zero sob copas de bagras (*Eucalyptus deglupta*), com largura de 5 m e sob copas de gmelina (*Gmelina arborea*), com largura de 1 m, quando plantadas em espaçamento de 1 x 9 m.

A distribuição espacial das árvores e a velocidade de crescimento influenciam na disponibilidade de luz, pois estão relacionados ao fechamento do dossel (SPRUGEL et al., 2009). Espécies arbóreas plantadas em espaçamento amplo em sistemas ILPF tendem a apresentar maior taxa de crescimento (BERTOMEU, 2012), se beneficiando da maior quantidade e qualidade da luz (NAVRÁTIL et al., 2007). No entanto, o dossel demora mais para fechar em função da maior distância entre linhas de plantas.

Bertomeu (2012) verificou fechamento do dossel de bagras (*Eucalyptus deglupta*) e gmelina (*Gmelina arborea*) em espaçamentos 2 x 2,5 m após aproximadamente 18 meses, enquanto que, no espaçamento 1 x 10 m não foi observado fechamento do dossel após 36 meses. Bagras apresenta menor comprimento dos galhos, desrama natural, copa estreita e permeável, o que favorece a entrada de luz no sub-bosque. Árvores com copas densas tais como o clone urograndis, podem apresentar rápido fechamento do dossel em espaçamentos reduzidos, comparadas com espécies apresentando copas pouco densas como *Corymbia citriodora* (GONÇALVES et al., 2013).

O manejo de desbaste e desrama do componente florestal no sistema ILPF reduz o efeito do sombreamento sobre as espécies que compõe o componente agrícola e pecuário (BERTOMEU et al., 2011; REYNOLDS et al., 2007). Este promove estratificação vertical da copa e heterogeneidade dos padrões espaciais, favorecendo a penetração da luz no sub-bosque (SPRUGEL et al., 2009).

Boyden et al. (2009) observaram em plantios de mesmo arranjo espacial, aumento de 41% na luz disponível em sub-bosque de árvores com diferentes alturas. Portanto, espécies como o *C. citriodora*, cujas árvores originadas de mudas seminais apresentam menor uniformidade de plantas, tendem a possibilitar maior penetração de luz no sub-bosque, quando comparadas com clones de eucalipto urograndis, que apresentam maior uniformidade de crescimento e desenvolvimento de copa.

A variabilidade fenotípica de espécies propagadas via sementes, como *E. grandis*, *E. urophylla* e *C. citriodora* é muito grande (GONÇALVES et al., 2013). Ao contrário a clonagem de híbridos inter-específicos reduz a variabilidade genética e fenotípica, possibilitando obtenção de materiais mais homogêneos, com crescimento

rápido (FONSECA et al., 2010), podendo aumentar a competição pelos fatores de produção.

2.3.1.2. Componente florestal e disponibilidade de água

No sistema ILPF, as espécies que compõe o componente florestal alteram direta e indiretamente a disponibilidade de água no solo (LIN, 2010; ONG et al., 2007), ou seja, diretamente por meio da absorção de água pelas raízes e, indiretamente, em decorrência de alterações nos atributos do solo e microclima (SIRIRI, 2013). O sombreamento proporcionado pelas espécies arbóreas reduz a temperatura sob a copa das árvores (MARIN et al., 2006). A disposição em renque das árvores promove redução na intensidade dos ventos (OTENGI et al. 2007).

O sombreamento e a diminuição da velocidade dos ventos contribuem para redução da evapotranspiração no sistema, compensando o menor volume de água infiltrado no solo causado pela interceptação da chuva pela copa das árvores (SIRIRI et al., 2010).

Siriri et al. (2010), observaram redução de até 30% na evaporação de água do solo em faixa de até seis metros sob a copa das árvores. De acordo com os autores, a infiltração de água no solo em sistemas ILPF é efetiva quando há precipitação superior a 20 mm. Nestas condições, o escoamento das gotas de água da chuva pela copa da árvore é direcionado próximo ao caule das árvores (MARIN et al., 2006) e a serapilheira favorece a infiltração de água no solo (GONÇALVES et al., 2013). Esses últimos autores observaram interceptação de até 21% da chuva, pelo dossel de plantas de *Eucalyptus grandis* com 32 meses de idade.

Marin et al. (2006) avaliaram a disponibilidade de água no solo na região de influência da copa (área sombreada) em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. Os autores observaram menor umidade no solo quanto mais próxima da árvore e atribuíram o fato à absorção de água pelo sistema radicular das árvores, reduzindo o conteúdo de água no solo. Entretanto, Siriri et al. (2010), observaram redução de rendimento de milho e feijão cultivados até 6 metros de distância das árvores de

Calliandra calothyrsus, com três anos, em decorrência de baixa umidade no solo, atribuído ao grande comprimento lateral do sistema radicular das árvores.

Plantas de eucalipto e acácia-negra apresentaram desenvolvimento do sistema radicular restrito a 1 m do colo da planta aos 8 meses após plantio, muito embora no terceiro ano, o sistema radicular atingiu três metros da árvore (KLEINPAUL et al., 2010).

A absorção de água pelas plantas depende da sua eficiência de uso (MUTHURI et al., 2009). Espécies e clones de eucalipto tolerantes ao déficit hídrico apresentaram rápido fechamento estomático em condições de baixa pressão de vapor (RODRIGUES et al., 2011). Portanto, são mais eficientes no uso da água, tendem promover menor competição com as espécies dos componentes agrícola e pecuário.

De acordo com Rodrigues et al. (2011), a maioria das espécies perenifólias, como *Grevillea robusta*, clones de *Eucalyptus* sp e *C. citriodora* não são eficientes no uso da água, pois transferem para a atmosfera até 95% da água que absorvem do solo durante seu desenvolvimento. No entanto, Kuyah et al. (2008), estudando *E. grandis* e os híbridos GC 584 e GC 15 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), observaram maior eficiência no uso da água em condições de stress hídrico do híbrido GC 15, quando comparado ao híbrido GC 584, sugerindo diferenças entre plantas de mesma espécie.

Espécies e híbridos de eucalipto apresentam grande variabilidade no volume e formato de sistema radicular. As espécies e híbridos tolerantes ao estresse hídrico produzem raízes pivotantes vigorosas, profundas e raízes laterais que emergem da base para as laterais aprofundando-se no perfil do solo. Espécies pouco tolerantes ao estresse hídrico apresentam grande número de raízes laterais confinadas nos horizontes superficiais do solo (GONÇALVES et al., 2013).

Clones de eucalipto apresentam raízes distribuídas de forma mais homogênea no perfil do solo, sendo preferenciais para plantio em áreas que apresentam déficit hídrico (GONÇALVES et al., 2013). A espécie *C. citriodora* apresentou 98% de suas raízes com calibre menor que 5 mm, e 50% delas encontravam-se localizadas na camada de 0-0,20 m no perfil do solo (GRANT et al., 2012), indicando ser susceptível ao déficit hídrico.

A quantidade e qualidade do sistema radicular das espécies que compõem o componente florestal são os fatores de maior influência nas relações de interações entre os componentes, no sistema ILPF (LOTT et al., 2009). A diferença entre o comprimento e extensão do sistema radicular é um indicador da capacidade competitiva da espécie (LIVESLEY et al., 2000). É na região de coexistência dos sistemas radiculares das diferentes espécies que se dão as interações competitivas.

Marin et al. (2006), constataram que a região de coexistência de raízes de milho e *Gliricidia sepium* se deu em uma faixa de até um metro da espécie arbórea. Siriri et al. (2010), observaram que esta faixa foi de até seis metros entre *Calliandra calothyrsus* e milho e feijão. Árvores de *C. citriodora* com sete anos de idade apresentaram raízes ocupando faixa lateral de 1,5 m de cada lado da linha de plantio (GRANT et al., 2012). Árvores de *C. citriodora* com 20 metros de altura apresentaram raízes a 3 m do caule (SIGUNGA et al., 2015).

Pelo exposto, pode-se concluir que as espécies que compõem o componente florestal afetam o balanço de água do solo no sistema ILPF e a magnitude disto depende das características de cada espécie e posição no solo em relação às árvores. Gonçalves et al. (2013), considerando a disponibilidade de água no solo, recomendaram plantio de híbridos de eucalipto em locais com déficits hídricos e espécies como o *C. citriodora* em locais com pouca restrição de água.

2.3.1.3. Componente florestal e disponibilidade de nutrientes

A disponibilidade de nutrientes no sistema ILPF provém da mineralização da biomassa vegetal (liteira ou sistema radicular) e/ou da aplicação de fertilizantes minerais por ocasião da implantação e manutenção das espécies (TURNER; LAMBERT, 2008).

A mineralização da biomassa vegetal depende da sua quantidade e qualidade, da comunidade de microrganismos presente no solo, da ciclagem de nutrientes, da umidade e da temperatura do solo. De acordo com Boyden et al. (2009), a deposição da liteira e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes

apresentam variação espacial e temporal, sendo observada faixa de deposição de até nove metros do renque.

Marin et al. (2006), observaram 1.390 kg ha^{-1} de massa seca de liteira debaixo das copas de árvores de *G. sepium*, e diminuição gradual até valores de 270 kg ha^{-1} a 3 m das árvores. As quantidades de N, P e K na liteira debaixo das copas foram estimadas em 27,8; 1,39 e $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$, diminuindo para 5,4; 0,27 e $2,7 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, a 3 m das fileiras das plantas. *E. grandis* e *E. pilularis* depositaram 42 e $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa no solo no período de 27 e 33 anos, respectivamente (TURNER; LAMBERT, 2008).

Em povoamentos de *C. citriodora* o solo apresentou quatro vezes mais diversidade biológica que o solo sob pousio. Essa maior diversidade, assim como a melhor qualidade do material orgânico favorece os atributos químicos e físicos do solo. A qualidade da liteira observada sob povoamento de leucena (planta fixadora de N) proporcionou melhora dos atributos do solo com consequente aumento da diversidade e atividade biológica, bem como mineralização da matéria orgânica do solo (VALPASSOS et al., 2007).

Espécies arbóreas perenes com alta eficiência na utilização de nutrientes produzem liteira pobre em nutrientes, principalmente em N, P e K, que associados à alta relação C/N do material vegetal, proporcionam imobilização de nutrientes durante o processo de decomposição da liteira (GONÇALVES et al., 2013).

A ciclagem de nutrientes é um dos benefícios observados no sistema ILPF. A variabilidade na distribuição do sistema radicular das espécies que compõem os diferentes componentes permite eficiente ciclagem de nutrientes no sistema (HINSINGER et al., 2011).

A ciclagem aumenta o teor de nutrientes na solução do solo, reduzindo a dependência das espécies por fertilizantes minerais. Contudo, espécies vegetais apresentam diferenças na eficiência da aquisição e utilização de nutrientes (GONÇALVES et al., 2013), acarretando diferença na composição química e qualidade no material vegetal a ser decomposto e reciclado. Turner e Lambert (2008), observaram maiores teores de N, P e K nas diferentes partes (folhas, ramos, casca e sistema radicular) do *E. grandis*, quando comparadas com as de *E. pilularis*. Observaram ainda, maior teor de nutrientes nos tecidos mais jovens, com

acumulação máxima em torno de 15 anos. Freitas et al. (2013) observaram 44,8 g kg⁻¹ de N, 0,97 g kg⁻¹ de P e 9,54 g kg⁻¹ de K na liteira do clone urograndis.

2.3.2 Componente agrícola e pecuário

O componente agrícola é constituído por espécies anuais para produção de grãos. As espécies são semeadas em consórcio com espécies forrageiras (componente pecuário), entre as linhas de plantas do componente florestal, até o momento em que o componente florestal permita adequada luminosidade para as espécies dos componentes agrícola e pecuário.

O componente agrícola é o de maior exigência quanto à qualidade dos atributos do solo, o que faz com que seja o agente condicionador da qualidade do solo para o componente pecuário. Está associado à redução dos custos de implantação e manutenção do sistema ILPF como um todo (ALVARENGA et al., 2010).

O componente pecuário é composto por espécies forrageiras e animais. A espécie forrageira pode fazer parte do sistema desde sua implantação, quando no primeiro e segundo ano é semeada em consórcio com as espécies que compõem o componente agrícola. A partir do segundo ano é componente obrigatório do sistema ILPF, quando passa a ser utilizado como forragem para os animais. Os animais entram, portanto, no sistema a partir do segundo ano, quando não mais causam danos às espécies do componente florestal.

2.3.2.1 Disponibilidade dos fatores de produção para os componentes agrícola e pecuário

As espécies arbóreas que compõem o componente florestal interferem na disponibilidade dos fatores de produção, podendo aumentar (interação sinérgica) ou reduzir a disponibilidade (interação competitiva), refletindo no desempenho das espécies que compõem os componentes agrícola e pecuário.

Bertomeu (2012), Macedo et al. (2006) e Marin et al. (2006), trabalhando em diferentes condições de clima, observaram redução de 50 a 70% na produtividade de milho cultivado em sistema ILPF, quando comparado ao cultivo em sistema de monocultura, em decorrência do aumento da competição por luz, água e nutrientes. Entretanto, Bertomeu (2012) e Marin et al. (2006) observaram maior produção de milho nas linhas mais próximas das árvores, atribuindo o resultado ao fato de que as plantas de milho localizadas próximas da linha de árvores se beneficiaram da adubação realizada nas espécies do componente florestal. Por outro lado, Macedo et al. (2006), observaram menor produtividade de milho nas faixas mais próximas do componente florestal. Os autores atribuíram os resultados ao aumento da competição por luz e nutrientes, os quais foram superiores ao efeito benéfico proporcionado pelo sombreamento.

Kleinpaul et al. (2010) não verificaram diferença significativa na produtividade de milho cultivado em sistema ILPF com milho cultivado em sistema de monocultura. Atribuíram o fato, à ausência de competição por luminosidade, água e nutrientes, entre o milho e a espécie do componente florestal em razão da sua juvenilidade (10 meses de idade). Resultados semelhantes foram observados por Franchini et al. (2014) os quais não observaram redução na produtividade de soja consorciada com *Corymbia* sp. nos dois primeiros anos de cultivo. No entanto, no terceiro e quarto ano a produtividade da soja foi menor.

Ainda no mesmo trabalho, Franchini et al. (2014) observaram redução de 29,2% da quantidade de matéria seca da parte aérea de *Urochloa ruziziensis*, cultivada no sistema ILPF com 33 meses, em relação ao cultivo à pleno sol. Redução da quantidade de matéria seca também foi observada para *U. brizantha* (SOUSA et al., 2007) e *U. ruziziensis* (PACIULLO et al., 2011), quando cultivadas em sistema ILPF. Entretanto, Freitas et al. (2013) não verificaram diferença significativa na produção de massa seca de *U. decumbens* cultivada em monocultura ou em sistemas ILPF.

Paciullo et al. (2011) observaram maior teor de proteína nas plantas de *U. ruziziensis* localizadas mais próximas das linhas de plantio das espécies do componente florestal. O efeito foi atribuído aos possíveis fatores: maior sombreamento sob a copa das árvores, maior ciclagem de nitrogênio; atraso no

desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas sob sombra mais intensa; redução do tamanho da célula em decorrência no maior sombreamento.

Oliveira et al. (2007), avaliando a composição química de *U. brizantha* localizada na linha e entre linha das plantas do componente florestal do sistema ILPF, não verificaram diferença significativa nos teores N e P. Entretanto, maiores teores de K foram observados nas plantas cultivadas na linha de plantio das espécies do componente florestal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal (FCAV-UNESP), no município de Jaboticabal, SP.

A área experimental está localizada na latitude 21°13'56"S e longitude 48°17'19"O. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado pelo clima mesotérmico de inverno seco, com temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 18°C.

A precipitação anual é de aproximadamente 1460 mm, concentrada no período de outubro a março e seca no período de abril a setembro, conforme Figura 1. Os dados de precipitação ao longo do ensaio encontram-se na Figura 2.

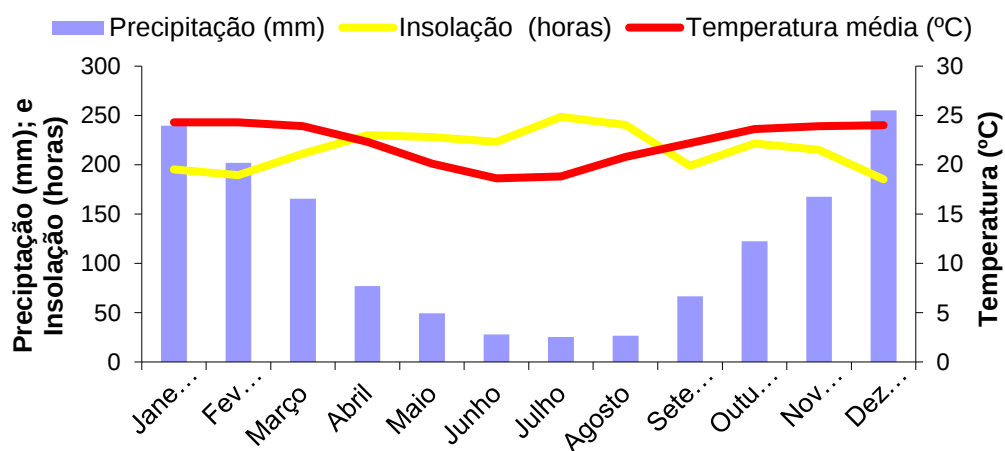


Figura 1. Normal climatológica do município de Jaboticabal – SP. Dados da estação agroclimatológica UNESP – FCAV.

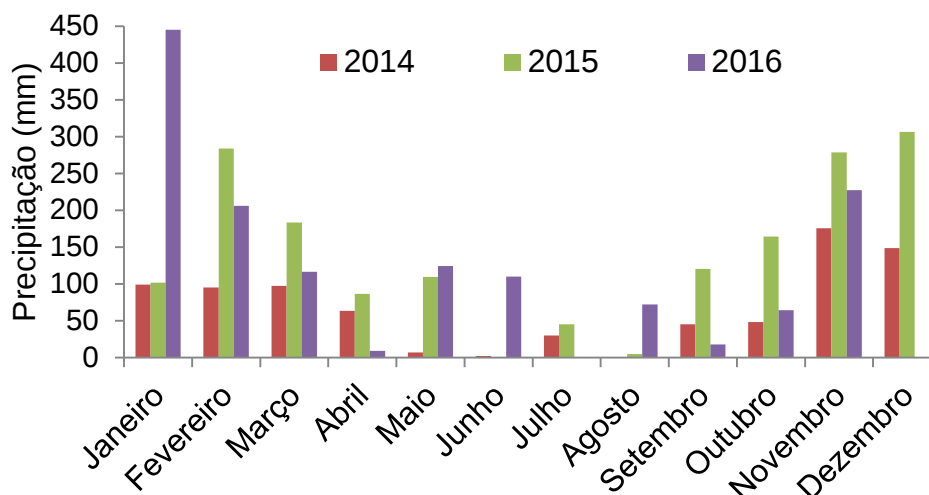


Figura 2. Dados de precipitação do município de Jaboticabal – SP, ao longo do período estudado. Disponibilizados pela estação agroclimatológica UNESP – FCAV.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al., 2013), possui relevo plano com aproximadamente 4% de declividade, altitude média de 624 m e está situado na face norte da vertente.

A área ocupada pelo estudo é de três hectares. Esta área foi anteriormente utilizada para produção de citros, nas safras 2011/2012. Em 2012/2013 foi utilizada para a produção de milho no sistema de semeadura direta.

Após a colheita da última safra de milho (abril de 2013) a área ficou em pousio até julho de 2013, quando o solo foi submetido à caracterização física e química, conforme os critérios propostos pela Embrapa (2009) e Raji et al. (1997), respectivamente, nas camadas 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m (Tabela 1).

Foram ainda determinadas, nas camadas de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, a densidade do solo, porosidade total, teor de macro e microporos conforme EMBRAPA (2009) e resistência do solo à penetração (BERGAMIN et al., 2010). Na camada de 0 a 0,10 m foi determinado o diâmetro médio ponderado dos agregados, conforme Youker e McGuinness (1956) (Tabela 2).

Para a determinação das análises químicas foram retiradas de cada camada 4 amostras compostas por hectare, sendo cada amostra composta formada por 10 amostras simples. Para a determinação da densidade do solo, porosidade total, teor de macro e microporos e resistência do solo à penetração, foram retiradas de cada

camada, 12 amostras indeformadas por hectare, pelo método do anel volumétrico. Para a determinação do DMP foi coletado 4 amostras parcialmente preservadas por hectare, sendo cada amostra formada por solo retirado de 4 pontos aleatórios.

Tabela 1. Resultado da análise granulométrica e atributos químicos, nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Camadas m	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H ⁺ Al	T	V	areia	silte	argila
					mmol _c dm ⁻³					%		
0 – 0,10	5,3	18	16	2,0	29	22	23	76	68	65	4	31
0,10 – 0,20	5,2	16	13	2,0	26	22	23	73	67	68	4	28
0,20 – 0,30	5,0	13	7	1,5	19	16	30	66	54	68	4	28

MO = matéria orgânica; T = CTC total; V = saturação por bases.

Tabela 2. Porosidade total (PT), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC), densidade do solo (Ds), resistência do solo a penetração (RP) e diâmetro médio ponderado (DMP), nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Camadas m	PT	MAC	MIC	Ds	RP	DMP
		-----cm ³ cm ⁻³ -----		--g cm ⁻³ --	--MPa--	--mm--
0 – 0,10	0,43	0,13	0,30	1,50	0,90	2,53
0,10 – 0,20	0,34	0,05	0,29	1,70	1,50	
0,20 – 0,30	0,33	0,04	0,29	1,75	1,84	

3.2 Descrição detalhada dos sistemas

3.2.1 Sistemas ILPF1 e ILPF2

O sistema ILPF1 teve o componente florestal formado pelo clone urograndis I144, híbrido clonal formado a partir do cruzamento do *Eucalyptus grandis* (MAIDEN) W. Hill x *Eucalyptus urophylla* (MAIDEN) W. Hill. Este clone apresenta entre suas características, rápido crescimento e uniformidade.

O sistema ILPF2 teve o componente florestal formado por mudas de origem seminal, da espécie *Corymbia citriodora* Hill & Johnson. Esta espécie possui como característica menor velocidade de crescimento, maior variabilidade entre árvores, alto valor madeireiro e também utilizado para extração de essências.

As mudas do clone urograndis e *Corymbia citriodora* Hill & Johnson foram plantadas em renque de linhas duplas, aproximando-se do sentido leste – oeste, com azimute de 105°, espaçados em 20 m.

No renque, o espaçamento entre linhas foi de três metros e entre plantas de dois metros. Nesta configuração os renques ocuparam 30% da área de um hectare com densidade de aproximadamente 500 árvores por hectare.

A adubação de plantio do clone urograndis e do *C. citriodora* Hill & Johnson foi realizada com 4,0 g planta⁻¹ de N, 21,0 g planta⁻¹ de P₂O₅ e 21,0 g planta⁻¹ de K₂O, por meio da aplicação de 105 g planta⁻¹ do formulado 4-20-20.

Foram realizadas duas adubações de cobertura, ambas com o formulado 10-10-10, correspondendo à aplicação de 10,0 g planta⁻¹ de N, 10,0 g planta⁻¹ de P₂O₅ e 10,0 g planta⁻¹ de K₂O. A primeira cobertura foi realizada após o pegamento das mudas no solo (um mês após plantio) e a segunda aos dez meses após o plantio. O formulado, nas duas ocasiões, foi aplicado manualmente, fazendo um círculo ao em torno da planta.

Ainda foram realizadas duas adubações com os micronutrientes boro e zinco. A primeira aos dois meses após o plantio e a segunda aos seis meses após o plantio. As adubações supriram 1,0 g planta⁻¹ e 0,5 g planta⁻¹ de boro e zinco, respectivamente, utilizando as fontes Bortrax 11% de B e Sulfato de Zinco 21% de Zn, respectivamente.

Foi realizado controle de plantas infestantes na linha de plantio do eucalipto aos 25, 50 e 90 dias após plantio das mudas. No primeiro e segundo momento o controle de plantas infestantes foi realizado por capina manual, enquanto que no terceiro momento as plantas infestantes foram controladas pela aplicação em jato dirigido do herbicida glifosato.

Realizou-se desrama no clone urograndis e *C. citriodora* aos 10 e 20 meses após o plantio, ao longo do caule, até o ponto em que o diâmetro fosse inferior a 6 cm. O controle de formigas foi realizado com iscas formicidas a base de sulfuramida na dose de 10 g de isca por formigueiro, durante os primeiros 24 meses.

O componente agrícola foi composto pelo consorcio do milho híbrido DKB 390 VT PRO 2 e *Urochloa brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cultivar Marandu (braquiária marandu) semeados entre os renques arbóreos nos períodos de

fevereiro/2014 a julho/2014, fevereiro/2015 a julho/2015 e fevereiro/2016 a agosto/2016 e pela cultura de soja Intacta AS 3575, no período de novembro/2014 a fevereiro/2015.

O híbrido de milho DKB 390 VT PRO 2 é um híbrido simples, geneticamente modificado para resistência ao herbicida glifosato e ataque de lagartas, de alto potencial produtivo. A cultivar de soja Intacta AS 3575 possui desenvolvimento precoce. A espécie de brachiaria utilizada foi a *Urochloa brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cultivar Marandu.

As culturas foram semeadas entre os renques deixando um metro de distância das árvores. O milho foi semeado no espaçamento de 0,80 m entre linhas, com densidade de plantio entre 45.000 a 50.000 plantas ha⁻¹. A adubação de plantio foi de 15, 50 e 30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, por meio da aplicação de 180 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16. A adubação de cobertura foi realizada com 60 kg ha⁻¹ de N, correspondente à aplicação de 150 kg ha⁻¹ de uréia, no estágio fenológico V6 do milho.

A cultura da soja foi semeada no espaçamento de 0,5 m entre linhas, com densidade de plantio visando atingir população final de aproximadamente 340.000 plantas ha⁻¹. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* (Nodusoja 10L) na dose de 100 ml para 40 kg de semente, a adubação de plantio foi de 6, 90 e 30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, por meio da aplicação de 300 kg ha⁻¹ do formulado 02-30-10.

A brachiaria marandu foi semeada em duas linhas espaçadas de 0,35 m, na entrelinha do milho, sem receber adubação, utilizando para tal 10 kg de sementes ha⁻¹ com valor cultural de 80%.

O componente pecuário foi formado pela brachiaria marandu e 25 novilhos da raça nelore.

Os novilhos foram introduzidos na área total do estudo, em novembro de 2015, nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP. Na ocasião pesavam em média 433 kg de peso vivo cabeça⁻¹, perfazendo taxa de lotação de aproximadamente 6 u.a. ha⁻¹ (1 u.a. = 450 kg de peso vivo). Os novilhos pastejaram em toda a área (sem diferimento dos sistemas) durante 60 dias, quando foram retirados, já com peso médio de 448 kg de peso vivo cabeça⁻¹.

3.2.2 Sistema ILP

O sistema ILP difere dos sistemas ILPF1 e ILPF2 apenas por não apresentar o componente florestal em sua composição. A semeadura dos consórcios entre milho e braquiária marandu, e semeadura da soja foram realizadas em área total, com os mesmos tratos fitotécnicos utilizados nos sistemas ILPF1 e ILPF2.

3.3 Histórico temporal do estudo

O estudo foi conduzido no campo, entre janeiro de 2014 a julho de 2016, totalizando 30 meses.

Em janeiro de 2014, a área foi dividida em três talhões de um hectare. No talhão 1 foi alocado o sistema ILPF1, no talhão 2 foi alocado o sistema ILPF2, no talhão 3 foi alocado o sistema ILP, conforme Figura 3.

Em fevereiro de 2014, foram realizadas as operações de plantio das espécies arbóreas que compuseram o componente florestal dos sistemas ILPF1 e ILPF2, bem como a semeadura de milho consorciado com brachiaria marandu nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP.

Em julho de 2014, foram colhidos os grãos da cultura de milho nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP, deixando-se a brachiaria marandu como planta de cobertura durante a entre safra.

Em novembro de 2014, (safra 14/15) foi realizada semeadura de soja nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP, a qual foi colhida na segunda quinzena de fevereiro de 2015.

Em fevereiro de 2015, logo após a colheita da soja, foi semeado novamente milho consorciado com brachiaria marandu na segunda safra nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP.

Em julho de 2015, foi realizada a colheita dos grãos da cultura do milho, deixando-se a brachiaria marandu como planta de cobertura.

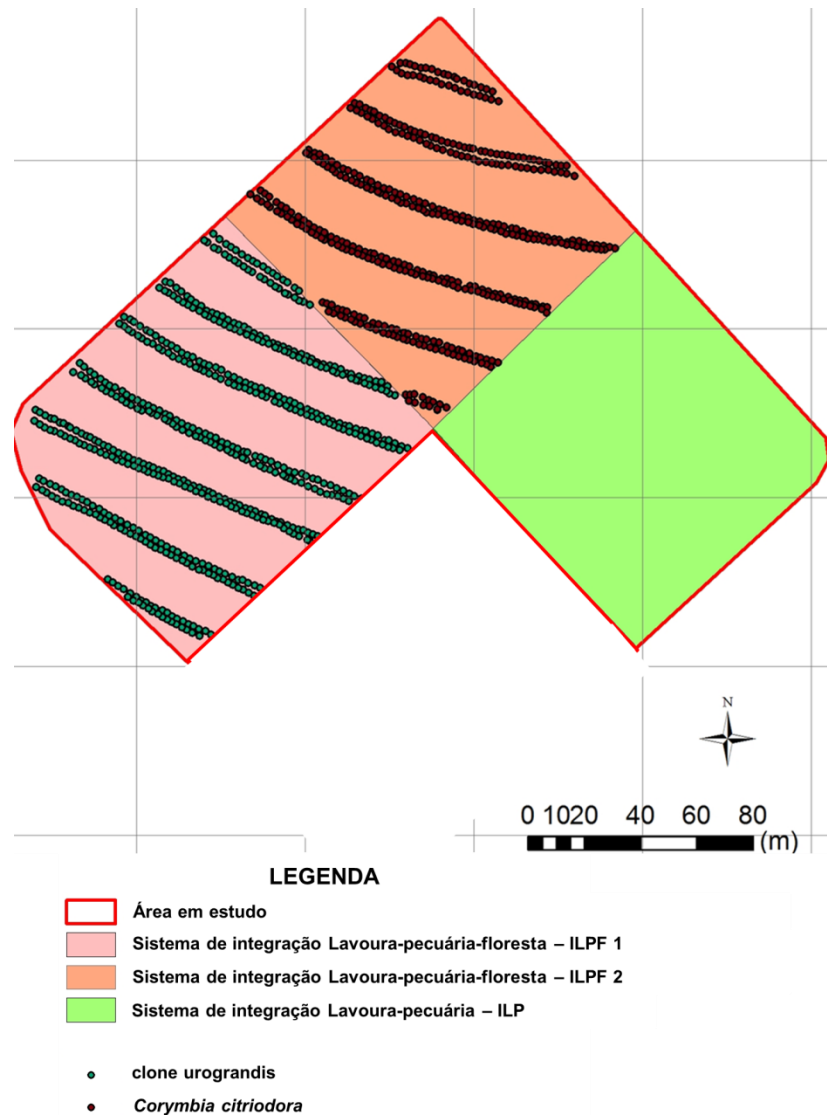


Figura 3. Croqui da área experimental com detalhes dos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP.

Em novembro de 2015, foram introduzidos 25 animais para pastejarem nos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP, com objetivo de consumirem a forragem até que a mesma fosse dessecada. Os animais permaneceram sob pastejo contínuo por aproximadamente 60 dias, sendo retirados da área em janeiro de 2016.

Em fevereiro de 2016 foi realizada a semeadura de milho solteiro, devido ao banco de semente de brachiaria marandu já existente no solo. Em agosto de 2016,

foi realizada a colheita dos grãos da cultura do milho finalizando o período de estudo.

Na Tabela 3, observa-se o resumo das atividades executadas no experimento em ordem cronológica, considerando o tempo zero, como sendo o momento de implantação dos sistemas.

Tabela 3. Resumo cronológico das atividades realizadas no experimento UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Data (meses após implantação dos sistemas)	ILPF1	ILPF2	ILP
0	Delimitação das áreas		
1	Plantio de mudas		-
	Semeadura do consorcio milho e capim marandu		
6	Colheita dos grãos de milho		
7	Coleta de massa fresca de forragem		
9	Semeadura da cultura da soja		
12	Colheita dos grãos de soja		
	Semeadura do consorcio milho e capim marandu		
18	Colheita dos grãos de milho		
19	Coleta de massa fresca de forragem		
22	Introdução de novilhos para pastejar o capim marandu		
24	Diferimento do capim marandu		
	Semeadura do milho		
30	Colheita dos grãos de milho		

3.4 Delineamento experimental, tratamentos e análises estatísticas.

Para avaliar o desenvolvimento de diferentes espécies de eucaliptos em diferentes posições espaciais em relação ao renque e compará-las entre si, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), considerando o sistema ILPF1 e ILPF2 dois experimentos distintos, com os mesmos tratamentos, números de repetições e variáveis analisadas. Os tratamentos constituíram-se de posição **norte** = linhas das árvores dispostas ao norte do renque em relação ao alinhamento de plantio; posição **sul** = linhas das árvores dispostas ao sul do renque em relação ao alinhamento de plantio; e 10 repetições, cada repetição formada pela média de quatro árvores.

Os dados foram submetidos ao quadro de ANAVA e quando significativo, submetidos ao teste T Student a $P < 0,05$ de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

O crescimento das espécies de eucalipto foi comparado por meio da análise conjunta dos dados (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015), comparando-se variáveis de crescimento do clone urograndis no sistema ILPF1 com aquelas do *C. citriodora* Hill & Johnson no sistema ILPF2. Quando significativo, os dados foram submetidos ao teste T Student a $P < 0,05$ de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

Para avaliar a disponibilidade dos fatores de produção e desempenho agrônomo das culturas anuais e forrageiras em diferentes posições espaciais em relação ao renque e em relação às diferentes espécies de eucalipto, foi utilizado o Delineamento Sistemático, sendo os dados avaliados em DIC, conforme recomendado por Alvarez e Alvarez (2013).

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial duplo (2×3), com parcela subdividida no espaço, sendo fator 1 (posição cardeal em relação ao renque): composto pelas posições ao **norte** e ao **sul** do renque; e fator 2 (proximidade em relação ao renque): **P2,5**, sub-parcela distando 2,5 m do renque; **P5,5**, sub-parcela distando 5,5 m do renque; e **P8,5**, sub-parcela distando 8,5 m do renque e quatro repetições. Para a composição dos tratamentos do fator 2 foi calculado a distância do ponto médio da parcela útil até a árvore. Sendo **P2,5** = $1 + (\text{área da subparcela} / 2)$; **P5,5** = $1 + \text{área da subparcela P2,5} + (\text{área da subparcela} / 2)$; e **P8,5** = $1 + \text{área da subparcela P2,5} + \text{área da subparcela P5,5} + (\text{área da subparcela} / 2)$.

Os dados foram submetidos ao quadro de ANAVA e quando significativo, submetidos ao teste de Tukey a $P < 0,05$ de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

A resposta da disponibilidade dos fatores de produção e desempenho agrônomo das culturas anuais e forrageiras em função das diferentes espécies de eucalipto foi comparada por meio da análise conjunta dos dados entre os sistemas ILPF1 e ILPF2 (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015). Quando significativo os dados foram submetidos ao teste Tukey a $P < 0,05$ de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

O delineamento sistemático foi utilizado por possibilitar a aleatorização das unidades amostrais (repetições) dentro dos tratamentos, haja vista, a impossibilidade de casualização dos tratamentos, em especial o fator 1. De acordo com Alvarez e Alvarez (2013), este delineamento deve ser utilizado para possibilitar a quantificação da variabilidade em casos onde há restrição para a casualização dos tratamentos.

Para a aleatorização das unidades amostrais foram delimitadas 20 unidades amostrais dentro dos sistemas ILPF1 e ILPF2, sendo 10 unidades amostrais localizadas ao norte do renque e 10 ao sul do renque (fator 1). Dentre as 10 unidades amostrais, foram sorteadas aleatoriamente quatro, as quais foram consideradas repetições (R1, R2, R3 e R4).

Cada unidade amostral foi dividida em três sub-parcelas (fator 2) (Figura 4). Assim, os sistemas ILPF1 e ILPF2 foram divididos em 8 unidades amostrais, subdivididas em 24 sub-parcelas.

Cada unidade amostral tinha dimensão 9 x 20 m, totalizando uma área de 180 m². As sub-parcelas tinham dimensão 3 x 20 m, totalizando 60 m² (Figura 4), onde foram alocadas quatro linhas com espaçamento entre linhas de 0,80 m de milho e 6 linhas de soja espaçadas em 0,5 m, quando da implantação de cada cultura. A área útil da sub-parcela foi composta pelas duas linhas centrais de 20 m de comprimento, perfazendo uma área útil de 28,8 m² para o milho; e três linhas centrais de 20,0 m de comprimento perfazendo uma área de 27,0 m² para a soja.

Para comparar a disponibilidade dos fatores de produção e desempenho agrônomo das culturas e forrageira entre os sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP, foi utilizado o Delineamento Sistemático, sendo, os dados avaliados como DIC, conforme recomendado por Alvarez e Alvarez (2013).

Estatisticamente foram testados como DIC em fatorial duplo com parcela subdividida no espaço e um tratamento adicional ($2 \times 3 + 1$) para a análise dos atributos climáticos, atributos do solo e produtividade das culturas e forrageira, sendo, fator 1: posições ao **norte** e ao **sul** do renque; e fator 2: **P2,5**, sub-parcela distando 2,5 m do renque; **P5,5**, sub-parcela distando 5,5 m do renque; e **P8,5**, sub-parcela distando 8,5 m do renque, tratamento adicional ILP e quatro repetições. Os dados foram submetidos ao quadro de ANAVA e quando significativo submetido ao

teste de Tukey a $P < 0,05$, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2004).

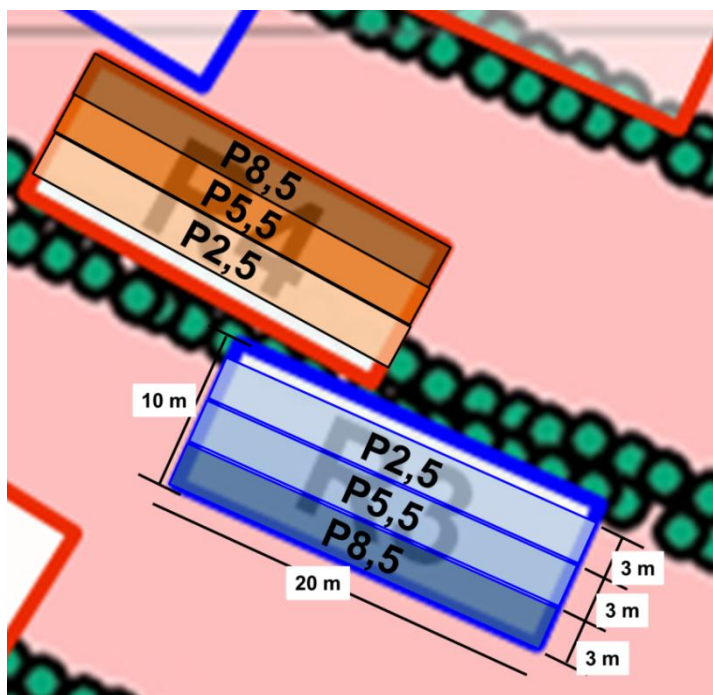


Figura 4. Detalhe da unidade amostral com a disposição (fator 2) e dimensões das subparcelas em relação ao renque.

Para avaliar as interações entre os componentes do sistema ILPF1 e ILPF2 em relação ao sistema ILP, foi utilizado o Modelo Conceitual de Complementariedade (Sinergismo) (Eq.1), proposto por Forrester et al. (2011), com o objetivo de qualificar o tipo de interação existente entre os fatores bióticos de produção.

(Eq.1)

$$\text{Sinergismo}(\%) = \frac{\text{PRODUTIVIDADE}_{\text{ILPF}} - \text{PRODUTIVIDADE}_{\text{ILP}}}{\text{PRODUTIVIDADE}_{\text{ILP}}} * 100$$

Os dados atenderam a hipótese estatística inicial de distribuição normal dos erros, sendo a hipótese testada pelo teste de Shapiro e Wilk (1965), a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2004).

3.5 Amostragem e metodologia para análise das variáveis

Para responder o objetivo 1, foram amostradas 40 árvores em cada sistema ILPF. Foram avaliados a altura (H) e diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas de eucalipto aos 6, 12, 18 e 24 meses após plantio dos sistemas ILPF1 e ILPF2. Através destes atributos foram calculados o volume por planta, obtido por meio da equação 3 (PEREIRA et al., 2015).

(Eq.3)

$$V = \frac{(DAP^2 * H * \pi) * f}{40000}$$

Sendo,

V = volume de cada árvore em m³;

H = altura da árvore em metros;

DAP = diâmetro a altura do peito em cm;

$\pi = 3,14$

f = fator de forma (adimensional), que corresponde a 0,65 para o clone urograndis, segundo Amorim (2014).

Partindo-se do volume individual de cada planta foi calculado o volume por hectare (Eq.4), e o incremento médio anual (IMA) do volume de madeira por hectare (m³ ha⁻¹) (Eq.5).

(Eq.4)

$$V_{(ha)} = V * N^{\circ} \text{árvoresha}^{-1}$$

(Eq.5)

$$IMA = \frac{V_{(ha)}}{idade_{(anos)}}$$

A medida da altura das árvores foi tomada rente ao nível do solo até a inserção do último folíolo da planta, utilizando-se mira topográfica, nas medições realizadas aos 6 e 12 meses após plantio e hipsômetro de Blume Leiss (PEREIRA, 2012), para as medidas aos 18 e 24 meses após plantio. A medida do DAP foi realizada com paquímetro digital aos 6 e 12 meses após plantio e suta dendométrica

nas medidas realizadas aos 18 e 24 meses após plantio. Foram tomadas duas leituras perpendiculares, utilizando-se como valor do DAP, a média aritmética das medidas.

Para a avaliação dos fatores de produção (Objetivo 2), as variáveis foram separadas em variáveis abióticas e variáveis bióticas.

As variáveis abióticas avaliadas foram luminosidade, umidade relativa do ar, atributos químicos e físicos do solo e conteúdo de água disponível (CAD). As amostras foram coletadas em cada subparcela, com exceção da CAD, que foi avaliada nas subparcelas P0, P2,5 e P8,5, conforme Figura 5.

Aos 12 meses após plantio dos sistemas ILPFs, foram realizadas durante os dias 9, 11 e 12 de janeiro de 2015 seis medidas para compor a média das variáveis luminosidade e umidade relativa do ar em cada sub-parcela. Nestes dias o ângulo de declinação do sol foi 22,04°S, 21,73°S e 21,57°S, respectivamente, indicando que o sol estava deslocado para o sul da latitude em questão (21,21°S). Portanto, visando minimizar o efeito da declinação solar, calculou-se a hora política correspondente ao meio dia solar para determinar o momento em que houvesse menor influência do ângulo de elevação solar na projeção da sombra, para a realização das amostragens em campo. Assim, as medidas foram realizadas no período das 11:00 as 13:00 horas em dias de céu limpo, utilizando-se do sensor portátil Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital - LM8000 (AKSO PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA com certificado de calibração pelo IMETRO).

Para a tomada das medidas foi utilizado um cavalete de 1,30 m de altura como base para acomodar o aparelho. O aparelho foi posicionado com o bulbo de coleta de luz para o leste, e registraram-se os valores de iluminância e umidade relativa do ar por um período de 30 segundos, sendo utilizados como variáveis os valores médios.

Para a avaliação dos atributos químicos e físicos do solo foram coletadas em cada sub-parcela amostras de solo nas camadas 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade.

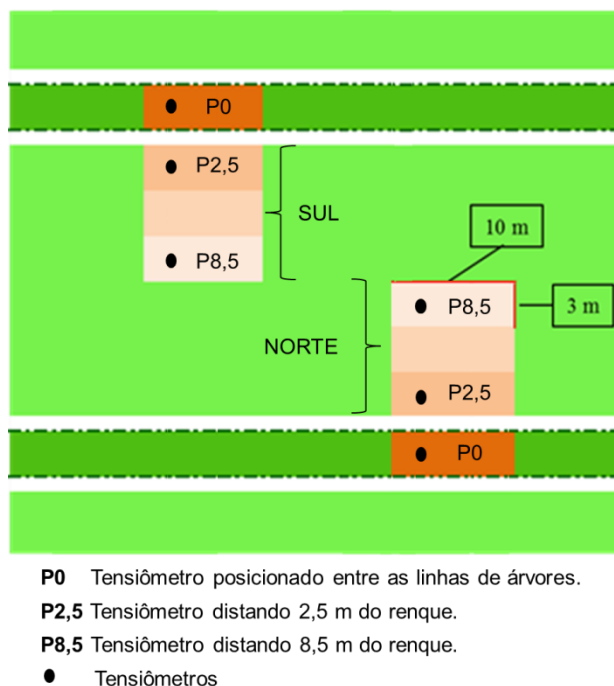


Figura 5. Detalhe mostrando a disposição dos tensiômetros utilizados para a determinação do conteúdo de água disponível (CAD).

Amostras com estrutura preservada foram coletadas após a colheita do milho aos 6 e 18 meses após implantação dos sistemas ILPF1 e ILPF2. Foram coletadas três amostras com auxílio de cilindros de 0,05 de altura e diâmetro por sub-parcela por camada de solo. Nestas amostras foram determinados: volume total de poros (PT), volume de macroporos (MAC), microporos (MIC), densidade do solo (Ds) (EMBRAPA, 2009) e resistência do solo a penetração (RP) pelo método do penetrógrafo de bancada (BERGAMIN et al., 2010).

Amostras deformadas foram coletadas após colheita da cultura do milho (6 meses implantação dos sistemas), após colheita da cultura da soja (12 meses após implantação dos sistemas) e após colheita da cultura do milho (18 meses após implantação dos sistemas). Estas amostras foram compostas a partir de seis amostras simples retiradas em cada sub-parcela.

Nestas amostras foram determinados o diâmetro médio ponderado dos agregados (LACERDA et al., 2005), os teores de P (resina), K, Ca, Mg, MO e pH em CaCl_2 , soma de bases (SB) e saturação por bases (V), conforme Raij e Quaggio (1983).

Aos 24 meses após a implantação do experimento, foi avaliado o conteúdo de água disponível (CAD) no solo. Para a avaliação foram instalados tensiômetros em três unidades amostrais (3 repetições), nas subparcelas P0, P2,5 e P8,5 nas faces norte e sul do renque (Figura 5), nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m. Foram instalados dois tensiômetros por sub-parcela, totalizando 54 tensiômetros.

O conteúdo de água no solo (CAD) foi determinada nos dias 11/04, 12/04, 14/04 e 19/04/2016, em função da não ocorrência de precipitações ao longo do período, possibilitando a identificação de variações no consumo de água entre os tratamentos. Os valores foram obtidos por meio da correlação dos valores de tensão medidos nos tensiômetros e a curva característica de água no solo. As curvas características de água no solo foram determinadas de acordo com Klute (1986), utilizando-se da câmara de pressão de Richards com placa porosa e parâmetros da equação de Van Genuchten (1980). Foram determinadas a partir dos dados médios dos parâmetros de Van Genuchten (1980), obtidos nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m.

Os fatores bióticos de produção foram avaliados por meio do desempenho das culturas do milho, soja e brachiaria marandu.

As produtividades da cultura do milho foram avaliadas aos 6, 18 e 30 meses após implantação das árvores. A produtividade da soja foi avaliada aos 12 meses após implantação das árvores.

Os teores foliares de N, P e K no milho foram avaliados apenas no primeiro plantio (6 meses após implantação dos sistemas) e na cultura da soja aos 12 meses após implantação dos sistemas.

O material coletado em cada parcela foi trilhado, pesado e determinado umidade de colheita. Em seguida foram determinados o peso em base de umidade de 13% da amostra de cada parcela e produtividade por hectare em kg ha⁻¹, conforme equação 7.

(Eq. 7)

$$PRODUTIVIDADE_{13\%} = \left(\frac{PesoUmido * 10000}{C.linear * Espaçamento} \right) * \left(\frac{100 - UmidadeColheita}{100 - 13} \right)$$

Os teores de nutrientes foliares foram obtidos conforme Bataglia et al. (1983). Neste momento a cultura do milho estava no estágio fenológico R1, foram coletados

em 30 plantas por sub-parcela, a folha oposta e abaixo da espiga, de onde foram descartados os terços inferior e superior, para a determinação no terço médio os teores de N, P e K (MALAVOLTA et al., 1997).

Na cultura da soja foi coletada na haste principal da planta a terceira folha com pecíolo, do ápice para a base, que se encontrava no estágio fenológico descrito como início da floração (R1) (MALAVOLTA et al., 1997). Foram amostradas 30 plantas por subparcela amostral.

As amostras de tecido foliar foram submetidas à limpeza sequencial com água, solução ácida (HCl 0,1 mol L⁻¹) e água destilada. Após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, por 72 h, procedeu-se à moagem em moinho tipo Wiley (peneira 0,85 mm) (BATAGLIA et al., 1983).

A produtividade de massa seca da brachiaria marandu foi avaliada nas entre safras de 2014 (8 meses após implantação dos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP) e 2015 (20 meses após implantação dos dos sistemas ILPF1, ILPF2 e ILP). Na entre safra de 2014 foram avaliados ainda os teores foliares de N, P e K. Os pontos e a forma para a coleta das amostras foi determinado conforme Salman et al. (2006), sendo definido como os pontos na parcela com a altura correspondente a média da parcela. A coleta do material para determinação da massa seca da braquiaria marandu foi realizada utilizando o método do quadrado de dimensões conhecidas (0,50 x 0,50 m).

As amostras coletadas foram pesadas, posteriormente foram retiradas de cada amostra duas aliquotas de peso conhecido. Uma aliquota foi utilizada para a determinação do teor de umidade e a outra submetida à separação dos componetes folha, colmo e material morto. Depois de seco, o material contido na fração folha foi moido em moinho tipo Wiley (peneira 0,85 mm) para a determinação dos teores foliares de N, P e K, conforme Bataglia et al., (1981).

Os cálculos para quantificar a massa seca de forragem em kg ha⁻¹ foram realizados utilizando-se as equações 8, 9 e 10.

(Eq. 8)

$$U(\%) = \frac{MFF_{aliquota} - MSF_{aliquota}}{MFF_{aliquota}} * 100$$

(Eq. 9)

$$MFF(t * ha^{-1}) = \frac{MFF_{(coletada)} * 10000}{0,25 * 1000}$$

(Eq. 10)

$$MSF(t * ha^{-1}) = (1 - \frac{U}{100}) * MFF$$

Sendo,

U = umidade atual;

MFF = massa fresca de forragem; e

MSF = massa seca de forragem.

Para alcançar o objetivo proposto na Parte 5, as variáveis avaliadas anteriormente foram submetidas à equação de complementariedade proposto por Forrester, (2014).

A tabela 4 apresenta o resumo das variáveis analisadas e seus respectivos momentos em relação a implantação dos sistemas.

Tabela 4. Resumo das variáveis análisades e a descrição do momento em que foram realizadas, considerando tempo zero o momento de implantação dos sistemas, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

	Variáveis análisadas	Idade (Meses após implantação dos sistemas)
Componente Florestal	Altura (H); Diâmetro altura do peito (DAP); e Incremento médio de madeira (IMA)	6,12,18 e 24
Atributos climáticos	Iluminância; e Umidade Relativa do Ar	12
Atributos físicos do solo	Porosidade Total (PT); Macroporos (MAC); Microporos (MIC); Densidade do Solo (Ds); Resistência a penetração (RP); e Diâmetro médio ponderado (DMP).	6 e 18
	Capacidade de água disponível (CAD).	24
Atributos químicos do solo	pH em CaCl ₂ ; Matéria Orgânica (MO); P; K; Ca; Mg; H+Al; Soma de bases (SB); CTC efetiva (T); Saturação por bases (V).	6,12 e 18.
Milho	Produtividade.	6,18 e 30
	Teores foliares de N, K e P.	18.
Soja	Produtividade e Teores foliares de N, K e P.	12
Capim marandu	Massa Seca de Forragem	7 e 19
	Teores foliares de N, K e P.	7

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento do componente florestal

O clone I144 apresentou maior crescimento que a espécie *C. citriodora* (Tabela 5). O mesmo cresceu aproximadamente 41, 38, 75 e 59% a mais em relação a *C. citriodora* nos primeiros 6, 12, 18 e 24 meses, respectivamente.

A maior diferença aos seis e 18 meses, pode indicar maior tolerância do clone I144 à escassez de água, visto que, as amostragens foram realizadas em agosto de 2014 e 2015, períodos com menores volumes de chuva, ocasionando déficit hídrico no solo. As medidas realizadas aos 12 e 24 meses, ocorreram em janeiro de 2015 e 2016 momentos com maiores precipitações, conforme figura 2, o que possivelmente minimizou a diferença de crescimento entre o clone I144 e *C. citriodora*.

Em períodos de escassez de água no solo, os vegetais reduzem seu crescimento e desenvolvimento (ABREU et al., 2015), principalmente quando são jovens (MARTINS et al., 2008). De acordo com Abreu et al. (2015), mudas de *C. citriodora* são mais sensíveis ao déficit hídrico, estas reduzem a transpiração, fechando os estômatos, mesmo antes da transpiração ser afetada pela redução do teor de umidade no solo. Mesmo em condições de baixa demanda evaporativa na atmosfera, esta espécie reduz a condutância estomática. Ao contrário do clone I144, que havendo baixa demanda evaporativa da atmosfera, apresenta alta condutância estomática em condições de baixo potencial matricial (MARTINS et al., 2008).

Percebe-se ainda pela tabela 5, que houve maior crescimento das mudas plantadas na linha ao norte do renque nos 12 primeiros meses. A partir de então, não houve diferença no crescimento em altura do clone I144 e *C. citriodora* nas diferentes posições. Isto sugere que a posição ao norte do renque apresenta algum fator que favoreça as plantas do componente florestal, especialmente na fase de mudas. Possivelmente este fator é o sombreamento causado pelas plantas de milho sobre as mudas do componente florestal conforme observado na figura 6.

Tabela 5. Crescimento em altura e DAP aos 6, 12, 18 e 24 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

FONV, Caxambu, 2017.																
	H ---m---		DAP ---cm---		H ---m---		DAP ---cm---		H ---m---		DAP ---cm---		H ---m---		DAP ---cm---	
	6 meses				12 meses				18 meses				24 meses			
Trat.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.	I 144	C. citri.
Sul	2,6 b	1,8 b	1,6 b	0,7 b	4,9 b	3,6 a	4,6 a	2,5 a	12,7 a	7,3 a	9,8 b	6,8 a	13,2 a	8,3 a	11,6 bA	8,1 aB
Norte	2,9 a	2,1 a	1,8 a	1,0 a	5,1 a	3,7 a	4,8 a	2,9 a	12,8 a	7,4 a	10,3 a	7,1 a	13,3 a	8,3 a	12,3 aA	8,1 aB
Médias	2,8 A	2,0 B	1,7 A	0,8 B	5,0 A	3,6 B	4,7 A	2,7 B	12,8 A	7,3 B	10,1 A	7,0 B	13,3 A	8,3 B	11,0	8,1
CV	2,5	9,2	7,2	25,8	3,5	9,3	8,3	21,6	3,2	4,1	1,7	8,3	4,1	7,5	3,5	8,5

H = altura; DAP = Diâmetro a altura do peito; Trat. = Tratamentos; *C. citri.* = *Corymbia citriodora* Hill & Johnson; CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de T de Student a 0,05 de probabilidade.



Figura 6. Detalhe do sombreamento causado pelas plantas de milho nas linhas de árvores plantadas ao norte e ao sul do renque, às 11:00 no 27/04/2014, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

O sombreamento causado pelas plantas de milho na linha de árvores plantada ao norte do renque poderia ter estimulado o estiolamento das mudas; no entanto, esta hipótese não foi confirmada, visto que, o DAP, que não é favorecido pelo estiolamento, também foi maior nas árvores plantadas na linha ao norte aos 6 meses após o plantio das diferentes mudas de árvores. O sombreamento exercido pelas plantas de milho pode ter favorecido o crescimento das mudas de árvores nos primeiros meses após implantação. Podendo beneficiar plantios tardios de mudas de eucalipto no solo.

O clone I144 apresentou maior IMA que a *C. citriodora* no sistema ILPF (Tabela 6), sugerindo que o mesmo seja mais eficiente na utilização dos fatores naturais de produção. A maior velocidade de crescimento em altura do clone I144 é uma característica desejável para os sistemas ILPF, pois, nestes sistemas, é necessário a utilização de clone ou espécies com alto fuste e porte suficiente para suportar o assédio animal quando introduzidos no sistema (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). No entanto, plantas que crescem rápido são mais exigentes na utilização dos fatores naturais de produção, exercendo maior competição com as culturas semeadas nos espaços entre os renques nos sistemas ILPFs.

Nos períodos de 12 a 18 meses e 18 a 24 meses, o IMA foi de aproximadamente 14 e 16 vezes maior que nos períodos de 0 a 6 e 6 a 12 meses após plantio, para o clone I144 e *C. citriodora*.

Isto sugere que os picos de exigências pelos fatores naturais de produção ocorram após os 12 meses de implantação. Portanto, após este período, as árvores, em especial o clone I144, possui maior potencial competitivo frente às demais espécies que compõe o sistema ILPF. Sendo necessário o uso de alternativas para redução do potencial competitivo das árvores após este período. Esse conhecimento é fundamental e mostra que o risco de semear espécies anuais entre os renques de eucalipto após o segundo ano de implantação é bastante elevado. Sendo, então indicada a utilização de pastagens após o segundo ano.

Verificam-se nas tabelas 5 e 6 maiores CV em todas as variáveis de crescimento da espécie *C. citriodora*. Esta verificação indica maior variabilidade genética da espécie *C. citriodora*, que traduz em diferentes características dendométricas, como, altura, DAP, índice de mortalidade, fazendo surgir plantas

dominadas (RYAN et al., 2010), promovendo estratificação vertical da copa e heterogeneidade dos padrões espaciais da sombra, favorecendo a penetração da luz no sub-bosque (SPRUGEL et al., 2009) o tornando menos competitivo com as culturas semeadas entre os renques. Boyden et al. (2009), que observaram aumento de 41% na luz disponível em sub-bosque de árvores com diferentes alturas e mesma disposição espacial no campo.

Tabela 6. Incremento Médio Anual (IMA) de madeira aos 6, 12, 18 e 24 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Trat.	Clone I144	C. citri.	Clone I144	C. citri.	Clone I144	C. citri.	Clone I144	C. citri.
	6 meses		12 meses		18 meses		24 meses	
	-----m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----							
Sul	0,34 bA	0,06 bB	2,72 a	0,64 a	20,88 bA	5,84 aB	22,76 bA	7,07 aB
Norte	0,50 aA	0,12 aB	2,94 a	0,82 a	23,12 aA	6,30 aB	25,70 aA	7,02 aB
Média	0,42	0,09	2,83 A	0,73 B	22,00	6,07	24,22	7,05
CV	15,51	52,06	17,89	43,90	5,40	18,30	7,59	21,26

Trat. = Tratamentos; C. citri. = *Corymbia citriodora* Hill & Johnson; CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de T de Student a 0,05 de probabilidade.

Indivíduos de povoamentos clonais possuem a mesma capacidade de crescimento, favorecendo crescimento uniforme e resultando em maior produtividade e consequentemente maior demanda por fatores naturais de produção (HAKAMADA et al., 2015).

A maior taxa de crescimento do clone I144 e maior uniformidade faz dele mais competitivo com as espécies semeadas entre os renques nos sistemas ILPFs, do que a espécie *C. citriodora*. E essa competição é mais pronunciada a partir dos 12 meses de plantio.

Essa informação é importante para a escolha da espécie que irá compor o componente florestal, pois, sua eficiência na utilização dos fatores de produção e potencial competitivo, devido rápido crescimento e uniformidade de dossel, influencia todo o sistema. Podendo comprometer o desenvolvimento das culturas que estão em consórcio no sistema ILPF.

4.2 Disponibilidade dos fatores abióticos de produção

4.2.1 Atributos climáticos

No sistema composto pelo clone I144 observa-se menor iluminância e menor umidade relativa do ar na posição ao norte do renque, exceto para umidade relativa do ar que foi maior na proximidade P8,5 (Tabela 7). Observa-se ainda que no sistema composto pela *C. citriodora* a iluminância foi menor na posição ao norte do renque, porém, apenas nas proximidades P2,5 e P5,5. Na posição ao sul do renque a iluminância foi menor na proximidade P2,5 em relação a proximidade P5,5 e P8,5.

Aos doze meses de idade dos sistemas ILPF1 e ILPF2, quando a iluminância e umidade relativa do ar foram avaliadas o clone I144 media em média 4,88 m de altura na linha plantada ao sul do renque e 5,05 na linha plantada ao norte do renque, já a *C. citriodora* media em média 3,61 m de altura. O DAP do clone media 4,70 cm e do *C. citriodora* 2,72 cm. A maior altura das árvores na linha plantada ao norte, especialmente do clone I144, possivelmente é a causa da menor iluminância nessa posição. Assim como, o menor porte das árvores na posição ao sul do renque pode ser a causa da menor iluminância apenas na proximidade P2,5.

É possível que os 3,61 m de altura do *C. citriodora* não sejam suficientes para sombrear a proximidade P8,5 na posição ao norte do renque, ao contrário dos 5,05 m do clone I144, que reduziu a luminosidade nesta posição.

Estes resultados permitem inferir que na faixa mais próxima do renque o sombreamento ocorre ainda quando as árvores estão com pequeno porte, existindo outros fatores que possam estar influenciando a iluminância nas posições ao norte e ao sul do renque, tais como, orientação e homogeneidade das linhas, ângulos de declinação e elevação solar (COELHO et al. 2014; GONÇALVES et al., 2013; LI et al., 2008; REYNOLDS et al., 2007; SPRUGEL et al., 2009).

A menor luminosidade observada na posição ao norte nas proximidades P2,5 e P5,5 no sistema composto pelo *C. citriodora*, onde não houve diferença significativa entre as alturas das árvores de *C. citriodora*, é devido à declinação solar. Já no sistema formado pelo clone I144, é também influenciada pela maior

altura das árvores na linha ao norte do renque, justificando a menor incidência de luz até mesmo na proximidade P8,5 neste sistema.

Tabela 7. Iluminância e umidade relativa do ar aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	ILPF1			ILPF2		
	Proximidade			Proximidade		
	P2,5	P5,5	P8,5	P2,5	P5,5	P8,5
Iluminância						
-----kLux-----						
Sul	39,25 aB	46,13 aA	44,31 aA	39,18 aB	45,43 aA	45,57 aA
Norte	34,51 bB	32,87 bB	39,58 bA	34,00 bC	39,40 bB	47,46 aA
CV ₁ = 4,23; CV ₂ = 5,20				CV ₁ = 6,02; CV ₂ = 3,50		
Umidade relativa do ar						
-----%-----						
Sul	29,16 aA	25,02 aB	20,48 bC	21,49 aB	22,45 aAB	23,70 aA
Norte	20,71 bB	20,94 bB	24,82 aA	23,29 aA	21,32 aB	22,50 aAB
CV ₁ = 14,04; CV ₂ = 2,48				CV ₁ = 9,81; CV ₂ = 3,77		

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

No hemisfério Sul, áreas voltadas para a face norte recebem mais radiação solar ao longo do ano. No entanto, nos dias julianos 9, 11 e 12, o sol está deslocado ligeiramente para o sul da latitude 21°13'56"S, proporcionando maior sombreamento ao norte quando está a pino.

Em resumo, observa-se que o clone I144 reduziu ainda mais a iluminância na posição ao norte do renque. Sugerindo que em locais com menor disponibilidade luminosa, plantas com maior altura, uniformidade de dossel, copas mais densas e maiores quantidades de folhas, interceptam mais a luz que plantas menores, com copas menos densas como é o caso do *C. citriodora* (GONÇALVES et al., 2013; REIS, 2014).

A maior umidade relativa do ar na proximidade P2,5 ao sul do renque é resultante da interceptação, reflexão dos raios solares pela copa das árvores e evapotranspiração das mesmas. Esta mesma relação inversa entre temperatura e umidade relativa do ar na proximidade P8,5 ao sul do renque é devida a renovação das massas de ar (FURLAN, 2001). A maior temperatura do ar no sistema composto

pelo clone I144 na posição norte na maior proximidade com o renque seja, possivelmente, pela menor renovação das massas de ar, menor evapotranspiração e maior absorção da radiação solar (REIS, 2014), haja visto que o clone apresentou maior altura, DAP e uniformidade de árvores, apresentando os requisitos ideais para a redução da velocidade do vento (NASCIMENTO et al., 2010).

Portanto, podemos prever que o plantio de árvores em vertentes voltadas para o sul reduzam a temperatura do ar no verão, sendo importante estratégia para sistemas ILPFs, melhorando índices zootécnicos de animais, em função da melhoria do microclima, além de otimizar o uso da água, pela menor evapotranspiração das culturas anuais e forrageiras.

Pela tabela 8 não observou-se diferenças significativas para as variáveis iluminância, e umidade relativa do ar entre os sistemas ILPF1 e ILPF2.

Tabela 8. Iluminância e umidade relativa do ar aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

	ILPF1	ILPF2
Iluminância (Klux)	39,44 A	41,84 A
CV		4,7
Umidade relativada ar	23,5 A	22,5 A
CV		3,7

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.2.2 Atributos físicos do solo

1ª avaliação (6 meses de idade das diferentes espécies florestais)

Aos seis meses após a implantação dos sistemas ILPFs, não foram observadas diferenças significativas para a PT, MAC e MIC nas camadas de 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) e no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), em função das posições e proximidades com o renque. Os valores observados foram em média 0,34, 0,07 e 0,27 cm³ cm⁻³ de PT, MAC e MIC, respectivamente no sistema ILPF1 e 0,35, 0,09 e 0,26 cm³ cm⁻³ de PT, MAC e MIC, respectivamente no sistema ILPF2.

Nota-se que numericamente não houve alteração na PT seis meses após a implantação dos sistemas. No entanto, para a MAC houve aumento em aproximadamente 40% e 80% nos sistemas ILPF1 e ILPF2, respectivamente, e para a MIC houve aumento em 7% nos dois sistemas em relação à caracterização da área. Esse aumento da macroporosidade do solo caracteriza-se como melhoria da qualidade física do solo (AGUIAR, 2008; ASSIS et al., 2015; LOSS et al., 2012).

É importante salientar que mesmo após o aumento da MAC nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, os valores ainda são menores que o valor, considerado restritivo ao crescimento de plantas ($0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), segundo Doran e Parkin (1994). Esses dados corroboram com Assis et al. (2015), que observaram melhoria da qualidade do solo no sistema ILPF, porém não suficiente para considerar o solo com boa qualidade física de acordo com a capacidade de aeração proposto por Reynolds et al. (2002).

Observa-se pela tabela 9, elevação nos teores de macroporos e redução da densidade do solo nos sistemas ILPF1 e ILPF2 na camada de 0 a 0,10 m em relação a amostragem de caracterização. Estes dados sugerem que o revolvimento do solo, a sulcação para implantação das mudas das árvores e a semeadura mecanizada simultânea de milho e brachiaria, melhoraram a qualidade física do solo nos primeiros seis meses após implantação dos sistemas. Assim como, observado por Sales et al. (2016), Silva et al. (2009) e Souza e Alves, (2003). No entanto, o tráfego de máquinas sistematicamente nas proximidades P5,5 e P8,5, devido à dimensão das máquinas utilizadas para adubação de cobertura e colheita mecanizada do milho, diminuíram a PT e a MAC nestas proximidades, principalmente na posição ao sul do renque no sistema ILPF2.

A pressão exercida sobre a superfície do solo pelo rodado das máquinas agrícolas favorecem a redução da PT e MAC ao longo do tempo, após o revolvimento do solo na ocasião do plantio (DRESCHER et al., 2016; GOZUBUYUK et al., 2014; PORTUGAL et al., 2012; SALES et al., 2016; SILVA et al., 2009).

Tabela 9. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Densidade do solo (Ds) na camada de 0 a 0,10 m, aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	ILPF1				ILPF2			
	Proximidade				Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Média	P2,5	P5,5	P8,5	Média
PT								
----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Sul	0,44	0,42	0,40	0,42 a	0,41	0,41	0,40	0,41
Norte	0,45	0,42	0,43	0,44 a	0,40	0,41	0,35	0,39
Média	0,45 A	0,42 B	0,42 B		0,41	0,41	0,38	
CV ₁ = 6,92; CV ₂ = 4,72					CV ₁ = 10,61; CV ₂ = 11,21			
MAC								
----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Sul	0,20	0,16	0,13	0,17 a	0,15 aA	0,17 aA	0,18 aA	0,17
Norte	0,21	0,16	0,20	0,19 a	0,16 aA	0,17 aA	0,09 bB	0,14
Média	0,21 A	0,16 B	0,17 B		0,15	0,17	0,14	
CV ₁ = 22,88; CV ₂ = 14,12					CV ₁ = 42,52; CV ₂ = 21,00			
MIC								
----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Sul	0,25 aB	0,26 aAB	0,26 aA	0,25	0,26 aA	0,24 aAB	0,22 bB	0,24
Norte	0,24 aB	0,26 aA	0,24 bB	0,25	0,24 aA	0,24 aA	0,26 aA	0,25
Média	0,24	0,26	0,25		0,25	0,24	0,24	
CV ₁ = 8,70; CV ₂ = 3,09					CV ₁ = 6,80; CV ₂ = 6,27			
Ds								
----- g dm ⁻³ -----								
Sul	1,40 aB	1,47 aAB	1,53 aA	1,47	1,51	1,46	1,50	1,49 a
Norte	1,38 aB	1,50 aA	1,41 bB	1,43	1,51	1,51	1,65	1,56 a
Média	1,39	1,48	1,47		1,51 AB	1,49 B	1,58 A	
CV ₁ = 5,19; CV ₂ = 2,97					CV ₁ = 10,96; CV ₂ = 4,21			

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observou-se resistência a penetração do solo de 2,55 e 2,63 MPa nos sistemas ILPF1 e ILPF2, respectivamente, na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 10). Valor superior a 2,24 MPa considerado restritivo ao crescimento de plantas por Beutler et al. (2006), corroborando com Genro Junior et al. (2004), que concluíram que em Latossolo Vermelho argiloso, nessa camada ocorre a maior compactação.

Tabela 10. Resistência do solo a penetração (RP) nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	ILPF1				ILPF2			
	Proximidade				Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Médias	P2,5	P5,5	P8,5	Médias
----- MPa -----								
Camada 0 a 0,10 m								
Sul	0,62	1,29	1,42	1,11 a	1,21	0,93	1,24	1,13 b
Norte	0,73	1,21	1,19	1,05 a	1,33	1,21	1,51	1,35 a
Médias	0,67 B	1,25 A	1,31 A		1,27 A	1,07 B	1,38 A	
CV ₁ = 9,65; CV ₂ = 13,75					CV ₁ = 12,72; CV ₂ = 9,47			
Camada 0,10 a 0,20 m								
Sul	3,07 aA	2,67 aAB	2,45 aB	2,73	3,39 aA	2,50 aB	2,60 aB	2,83
Norte	2,13 bA	2,15 bB	2,84 aA	2,37	2,50 bB	2,79 aA	2,01 bC	2,43
Médias	2,60	2,41	2,64		2,93	2,65	2,30	
CV ₁ = 15,64; CV ₂ = 10,52					CV ₁ = 16,36; CV ₂ = 5,54			
Camada 0,20 a 0,30 m								
Sul	1,77 aB	2,62 aA	1,87 bB	2,09	2,87	1,89	2,08	2,28 b
Norte	2,19 aB	1,92 bB	2,86 aA	2,33	3,20	2,61	2,52	2,78 a
Médias	1,98	2,27	2,37		3,04 A	2,25 B	2,30 B	
CV ₁ = 15,60; CV ₂ = 12,73					CV ₁ = 15,46; CV ₂ = 14,75			

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A RP está diretamente relacionada à Ds e inversamente relacionada à PT do solo (SARTORI et al., 2016), confirmando os resultados observados na camada de 0 a 0,10 m nos dois sistemas avaliados. O revolvimento efetivo do solo na ocasião do plantio e possivelmente, o maior conteúdo de matéria orgânica do solo nessa camada proporcionou menor RP ao solo. Já nas proximidades onde houve maior tráfego de máquinas, observa-se aumento na densidade, redução da porosidade e consequentemente maior RP.

O peso das camadas superiores do solo, assim como, o rearranjo das partículas depois do revolvimento do solo na ocasião do plantio, pode ter favorecido o aumento da RP nas camadas subsuperficiais. Assim, infere-se que nas proximidades P5,5 e P8,5, onde há maior tráfego de máquinas, ocorra maior Rp e consequentemente, maior resistência ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

O DMP não variou entre as posições e proximidades em relação aos renques nos sistemas ILPF1 e ILPF2. No entanto, os valores observados nestes sistemas, 2,12 e 1,81 mm, respectivamente, foram inferiores a 2,53 mm, observado no momento anterior a implantação do experimento. O menor DMP pode ser reflexo da quebra dos agregados decorrentes do revolvimento do solo na ocasião da instalação dos sistemas, no entanto, o não revolvimento do solo ao longo do ciclo das espécies florestais possibilita recuperação dos atributos físicos do solo (DRESCHER et al., 2016), podendo ser confirmado pelas amostragens realizadas aos 18 meses após plantio.

No sistema composto pela espécie florestal *C. citriodora* (ILPF2), observa-se na camada de 0 a 0,10 m maior Ds (Tabela 11). Já na camada de 0,10 a 0,20, onde é mais evidente os efeitos da compactação do solo, o sistema ILPF1, composto pelo clone I144, apresentou maior densidade do solo, e na camada de 0,20 a 0,30 m não houve diferença significativa entre os sistemas. Vale ressaltar que a Ds na primeira camada avaliada está abaixo de 1,63, considerado crítico para o desenvolvimento das culturas (BEUTLER et al., 2004), e os valores de Ds observados na segunda e terceira camada estão muito próximos um do outro e daquele dito restritivo as culturas.

Ainda pela tabela 11, observa-se na camada de 0 a 0,10 m maior RP no sistema ILPF2, sugerindo que o maior desenvolvimento do clone I144 tenha favorecido a agregação do solo reduzindo a RP (TURNER; LAMBERT, 2008), haja vista, que se observa maior DMP no sistema ILPF composto pelo clone I144.

A redução da MAC na camada de 0,10 a 0,20 m foi ainda mais acentuada nas proximidades P5,5 e P8,5 em relação ao renque, em função principalmente do efeito causado pelo tráfego de máquinas. O menor tráfego de máquinas na proximidade P2,5 possivelmente foi a causa do maior DMP nesta posição.

Tabela 11. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Densidade do solo (Ds) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

PT		MAC		MIC		Ds		RP		DMP	
-----		cm ³ cm ⁻³ -----		-----		-----g cm ³ -----		-----MPa-----		-----mm-----	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
Camada 0 a 0,10 m											
0,43 A	0,40 A	0,18 A	0,16 A	0,25 A	0,25 A	1,45 B	1,52 A	1,08 B	1,41 A	2,12 A	1,81 B
CV	8,1	23,7		6,0		5,5		11,6		23,2	
Camada 0,10 a 0,20 m											
0,34 A	0,35 A	0,07 B	0,09 A	0,27 A	0,26 A	1,68 A	1,66 B	2,55 A	2,63 A		
CV	8,0	26,3		5,9		4,0		11,5			
Camada 0,20 a 0,30 m											
0,34 B	0,36 A	0,07 A	0,10 A	0,27 A	0,26 A	1,66 A	1,62 A	2,21 A	2,53 B		
CV	9,9	28,7		9,2		4,4		14,4			

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

2ª avaliação (18 meses de idade das diferentes espécies florestais)

Na segunda avaliação, 18 meses após a implantação, não houve diferença significativa para a PT em função da posição e proximidade com o renque, nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m no sistema ILPF1 e 0,10 a 0,20 no sistema ILPF2. Observando 0,28, 0,30 e 0,31 cm³ cm⁻³, respectivamente.

Observa-se menor PT na proximidade P2,5 na posição ao norte dos renques do clone I144 e menor PT nas proximidades P5,5 e P8,5 na posição ao sul do renque, na camada de 0 a 0,10 m (Tabela 12). Sugerindo-se que ao norte do renque a maior proximidade com as árvores favoreceu a PT. No sistema ILPF2 observa-se na proximidade P8,5, maior PT na posição ao sul do renque, resultado oposto ao observado no sistema ILPF1.

Observa-se ainda redução de 14% e 31% na PT em relação à primeira amostragem na camada 0 a 0,10 m nos sistemas ILPF1 e ILPF2, respectivamente. Esses dados sugerem que o rearranjo das partículas do solo e o tráfego de máquinas ao longo dos cultivos sucessivos em sistema ILPF, reduziram a PT e a MAC do solo.

As diferentes posições e proximidades em relação ao renque não influenciaram a MIC nas três camadas avaliadas. Os valores observados no sistema ILPF1 foram 0,27, 0,25 e 0,26 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e no sistema ILPF2 foram 0,29, 0,25 e 0,26 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m respectivamente.

Estes valores foram 10%, 14% e 12% inferiores aos valores observados antes da implantação do experimento no sistema ILPF1, e no sistema ILPF2, 5%, 14% e 12%, reforçando a hipótese de que, os poros menores são reduzidos pelo rearranjo das partículas do solo, devido obstrução destes por partículas menores, principalmente argila (GUEDES FILHO et al., 2013).

Ainda pela tabela 12, observa-se menor Ds na proximidade P5,5 na posição ao norte do renque nos sistemas ILPF1 e ILPF2. Para as demais camadas não houve diferença significativa. Observando 1,79 e 1,76 g cm^{-3} no sistema ILPF1 e 1,77 e 1,73 g cm^{-3} no sistema ILPF2 nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, respectivamente.

Na proximidade P5,5 ao norte do renque, o valor de Ds foi semelhante ao observado na amostragem de caracterização. Sugerindo que o sistema ILPF pode preservar a Ds da camada superficial do solo (MARCHINI et al., 2015).

Já na camada de 0,10 a 0,20 m, houve aumento da densidade em relação à amostragem de caracterização. Na camada de 0,20 a 0,30 observou mesma Ds do solo na amostragem de caracterização, havendo aumento de 6% em relação à amostragem seis meses após implantação. Nesta posição acredita-se que o fator principal para elevação da Ds é o rearranjo das partículas do solo, reduzindo significativamente a porosidade do solo especialmente em solos de textura franco-argilo-arenoso (LIMA et al. 2013).

Tabela 12. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Densidade do solo (Ds) na camada de 0 a 0,10 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	ILPF1				ILPF2			
	Proximidade				Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Média	P2,5	P5,5	P8,5	Média
PT ----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Sul	0,35 aA	0,34 bA	0,35 bA	0,35	0,36 aA	0,37 aA	0,39 aA	0,37
Norte	0,37 aB	0,43 aA	0,39 aAB	0,40	0,37 aA	0,39 aA	0,33 bA	0,36
Média	0,36	0,39	0,37		0,37	0,38	0,36	
CV ₁ = 8,37; CV ₂ = 6,87					CV ₁ = 7,22; CV ₂ = 3,80			
MAC ----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Sul	0,09 aA	0,07 bA	0,06 bA	0,07	0,09 aA	0,08 aA	0,09 aA	0,09
Norte	0,10 aB	0,18 aA	0,12 aB	0,13	0,08 aAB	0,10 aA	0,05 bB	0,07
Média	0,10	0,13	0,09		0,08	0,09	0,07	
CV ₁ = 22,07; CV ₂ = 25,36					CV ₁ = 35,82; CV ₂ = 23,44			
Ds ----- g dm ⁻³ -----								
Sul	1,52 aA	1,65 aA	1,65 aA	1,61	1,63 aA	1,57 aA	1,57 bA	1,50
Norte	1,59 aA	1,43 bA	1,60 aA	1,54	1,64 aAB	1,57 aB	1,69 aA	1,63
Média	1,55	1,54	1,62		1,64	1,57	1,63	
CV ₁ = 6,53; CV ₂ = 6,41					CV ₁ = 10,96; CV ₂ = 4,21			

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A RP do solo no sistema ILPF1, nas camadas de 0 a 0,10 e 0,20 a 0,30 m na proximidade P5,5 ao norte do renque foi menor, enquanto que na camada de 0,10 a 0,20 m a RP foi menor na posição ao norte independentemente da posição cardeal (Tabela 13). Ainda pela tabela 13, observa-se no sistema ILPF2, na camada de 0 a 0,10 m menor RP na posição ao sul do renque, enquanto que na camada de 0,10 a 0,20 verifica-se maior RP na proximidade P8,5.

Em resumo a RP foi superior em todas as posições avaliadas aos 18 meses após implantação dos sistemas. Essa maior RP é decorrente do processo de compactação pelo tráfego de máquinas, pastoreio dos animais e pelos ciclos de umedecimento e secagem (DRESCHER et al., 2016).

Na camada de 0,10 a 0,20 m nos sistemas ILPF1 e ILPF2 a proximidade P2,5 ao sul do renque apresentou maior RP. Resultado pouco esperado, haja vista que

nessa posição o tráfego de máquinas, se existe é mínimo, pois a plataforma de corte da colhedora utilizada para colher o milho e a soja e a barra de pulverização toca as árvores se o trator ou colhedora passar nesta posição, sugerindo que outros fatores estão envolvidos no aumento da RP do solo.

Tabela 13. Resistência do solo a penetração (RP) nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	ILPF1				ILPF2			
	Proximidade				Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Médias	P2,5	P5,5	P8,5	Médias
----- MPa -----								
Camada 0 a 0,10 m								
Sul	1,19 aA	1,22 aA	1,19 aA	1,20	1,58	1,34	1,32	1,41 b
Norte	1,09 aA	0,81 bB	1,22 aA	1,04	1,86	1,49	1,76	1,70 a
Médias	1,14	1,02	1,21		1,72 A	1,41 A	1,54 A	
CV ₁ = 12,21; CV ₂ = 13,75					CV ₁ = 17,2; CV ₂ = 10,12			
Camada 0,10 a 0,20 m								
Sul	3,24	3,09	2,50	3,06 a	2,57	2,78	3,21	2,85 a
Norte	3,28	2,65	3,34	2,87 b	2,43	2,80	3,02	2,75 a
Médias	2,99 A	3,18 A	2,72 A		2,50 B	2,79 AB	3,12 A	
CV ₁ = 17,2; CV ₂ = 10,52					CV ₁ = 13,8; CV ₂ = 13,8			
Camada 0,20 a 0,30 m								
Sul	3,24 aA	3,09 aAB	2,50 bB	2,94	1,93 bA	2,04 aA	2,16 aA	2,04
Norte	3,28 aA	2,65 aB	3,34 aA	3,09	2,36 aA	2,06 aAB	1,97 aB	2,13
Médias	3,26	2,87	2,92		2,14	2,05	2,06	
CV ₁ = 11,14; CV ₂ = 10,23					CV ₁ = 9,2; CV ₂ = 9,13			

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Não foi observado diferença significativa para o DMP na camada de 0 a 0,10 m, nos sistemas ILPF1 e ILPF2. No entanto, verificou-se variação no comportamento do DMP ao longo do tempo. Houve redução de 2,53 mm na amostragem de caracterização para 1,97 mm aos seis meses após implantação dos sistemas, e elevação de 1,97 mm para 2,90 mm aos 18 meses após implantação dos sistemas ILPF.

A MAC e PT na camada de 0,10 a 0,20, foi menor no sistema ILPF2 (Tabela 14). Na camada de 0,20 a 0,30 o sistema ILPF1 apresentou menor PT, resultante da redução da MIC, causada pelo rearranjo das partículas do solo, obstruindo os microporos do solo.

Tabela 14. Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC), Microporosidade (MIC) e Densidade do solo (Ds) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

PT		MAC		MIC		Ds		RP		DMP	
-----cm ³ cm ⁻³ -----		-----cm ³ cm ⁻³ -----		-----cm ³ cm ⁻³ -----		-----g cm ⁻³ -----		-----MPa-----		-----mm-----	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
Camada 0 a 0,10 m											
0,38	0,36	0,11	0,08	0,27	0,29	1,58	1,61	1,12	1,56	2,99	2,81
A	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A
CV	6,2		24,3		6,2		7,5		14,8		3,0
Camada 0,10 a 0,20 m											
0,33	0,31	0,08	0,04	0,25	0,28	1,79	1,77	3,02	2,80		
A	B	A	B	B	A	A	A	A	B		
CV	7,7		18,9		7,9		2,5		12,5		
Camada 0,20 a 0,30 m											
0,30	0,33	0,04	0,04	0,26	0,29	1,76	1,73	2,28	2,09		
B	A	A	A	B	A	A	A	A	B		
CV	6,0		22,4		6,6		2,5		9,8		

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A maior susceptibilidade da camada de 0,10 a 0,20 m à compactação é reflexo da compactação do solo pela pressão acumulada ao longo do tempo, em decorrência do tráfego de máquinas e rearranjo das partículas do solo. Verificou-se nas camadas superficiais maior variabilidade espacial da compactação do solo, devido ao tráfego de máquinas, deposição diferenciada de material orgânico no solo devido aos cultivos agrícolas, pecuário e florestais.

Ainda pela tabela 14, observa-se que a RP do solo na camada de 0 a 0,10 m foi maior no sistema ILPF2. Enquanto que nas camadas mais profundas o sistema ILPF1 apresentou maior RP.

A árvore de *C. citriodora* que compõe o sistema ILPF2 apresenta menor velocidade de crescimento, conforme observado na tabela 5. Este fato faz com que neste sistema, ocorra menor aporte de material orgânico na superfície, podendo haver menor agregação do solo, conseqüentemente menor porosidade, e menor resiliência do solo aos processos de compactação, resultando em maior RP.

Na camada de 0,10 a 0,20 m a maior RP é em grande parte causada pela pressão exercida pelas camadas superiores do solo, rearranjo das partículas causando obstrução de poros e compressão causada pelo sistema radicular.

4.2.3 Dinâmica da água no solo

O potencial máximo de retenção de água no solo, no período curto sem ocorrência de chuvas, em plena época das águas, ocorreu na posição P0, ou seja, entre as linhas do clone I144, no sistema ILPF1 (Figura 7). Os demais pontos amostrados apresentam potencial máximo de retenção de água no solo bastante semelhante, variando entre 17 e 20 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$. Essa diferença observada no sistema ILPF1 na posição P0, não implica em alterações no conteúdo de água do solo no período avaliado, pois em tal período não houve precipitação, não havendo água gravitacional no solo (BATISTA, 2009).

Ainda pela figura 7, verifica-se que as posições P0 e Norte P1 no ILPF1 e ILPF2 apresentaram os menores teores de umidade na capacidade de campo e maiores teores de umidade no ponto de murcha (PMP), resultando nas menores capacidades de águas disponíveis (CAD), 0,09, 0,08, 0,07 e 0,09 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, respectivamente. Permitindo inferir que, em condições de solo não saturado, e condições de evaporação e transpiração semelhantes, nestas posições o conteúdo de água do solo seria menor que nas demais, principalmente no sistema ILPF1, formado pelo clone I144, planta de crescimento rápido, absorvendo maior volume de água e a espécie *C. citriodora* (BARBOSA et al, 2015). Outra hipótese seria as características distintas dos sistemas radiculares do clone I144 e das mudas oriundas de mudas seminais de *C. citriodora*. Jesus et al. (2006), trabalhando com mudas de ano, de cafeeiros, concluíram que o sistema radicular de mudas, provenientes de estacas caulinares são mais desenvolvidos que sistemas radiculares de cafeeiros obtidos por sementes.

Observa-se menor CAD na posição P0 no sistema ILPF1 (Tabela 15). Este fato reforça a hipótese de que o clone I144, apresenta maior consumo de água, em detrimento ao *C. citriodora*. Pois, se o consumo de água das árvores avaliadas fossem os mesmos, possivelmente a posição P0 no sistema ILPF1 apresentaria maior teor de umidade que a posição P0 no sistema ILPF2, visto que, em povoamentos clonais, em função da uniformidade de crescimento (HAKAMADA et

al., 2015), tende haver maior sombreamento e menor velocidade dos ventos em relação aos povoamentos seminais, o que reduz a taxa de evaporação de água do solo (JARAMILLO; GÓMEZ, 1989). Em contrapartida, a maior velocidade de crescimento das árvores, e maior quantidade de folhas do clone I144, tende a perder mais água por transpiração (REIS, 2014).

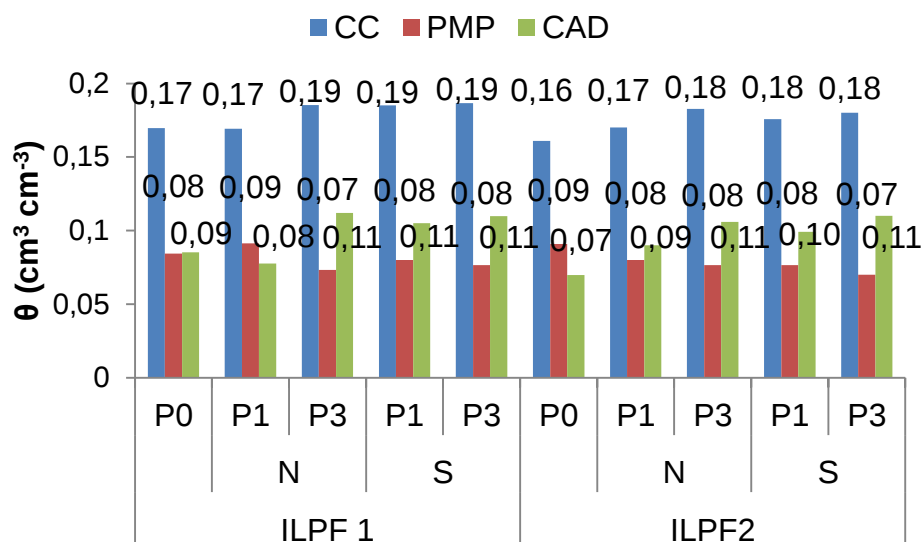


Figura 7. Umidade volumétrica na capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), e capacidade de água disponível nos sistemas formado pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), obtido da média das camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m do solo, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Analisando a posição ao norte do renque, verificou-se que em todos os dias e camadas de solo avaliadas, a proximidade P2,5 apresentou maior capacidade de água disponível no solo (Tabelas 15 e 16). Já na posição ao sul do renque o maior teor de umidade foi observado na proximidade P8,5, especialmente nos dias 11 e 12/03/2016.

A disposição das árvores no sentido aproximado de leste para oeste, azimute 105°, favoreceu o sombreamento da posição P2,5 ao norte do renque no período da tarde, o que não ocorreu na posição ao sul, fazendo com que o teor de umidade do solo tenha sido menor nesta posição.

O sombreamento pode afetar além da radiação luminosa, redução do déficit de pressão de vapor de água, variação de temperatura do ar (OLIVEIRA et al., 2006)

e alterações fisiológicas nas plantas, por exemplo, taxa fotossintética e consequentemente, perda de água por evapotranspiração (GOMES et al., 2008; SOUZA et al., 2015). De acordo com Silva et al. (2004), a espécie *C. citriodora* possui diversos mecanismos biológicos que economizam água, tais como, a presença de tecido foliar coriáceo, alinhamento vertical das folhas, fechamento rápido dos estômatos e baixas taxas de evapotranspiração.

Ainda pelas tabelas 15 e 16, pode-se definir três regiões no solo em função da capacidade de água disponível. A primeira posição compreende a posição P0, ou seja, região entre as linhas que compõe os renques arbóreos. Nesta região a CAD variou em função do componente florestal, devido ser influenciada diretamente pelas árvores.

A segunda posição compreende a posição P2,5, ou seja, região que sofre influência indireta das árvores. Nota-se que nesta posição, o sombreamento, a velocidade dos ventos e temperatura, que são influenciados pelas características das árvores, causaram maior influência no conteúdo de água do solo, do que o próprio consumo de água pela planta (REIS, 2014). Sempre que houve diferença significativa na proximidade P2,5, observou-se maior conteúdo de água no solo no sistema ILPF1, especialmente na posição ao norte do renque. Possivelmente, este fato é devido ao maior sombreamento e maior efetividade na redução da velocidade dos ventos do clone I144 em relação ao *C. citriodora*, ou ainda, ao sistema radicular do clone I144 (SERPA, 2014).

A terceira posição, compreende a proximidade P8,5, esta posição sofre mínima influência das árvores, portanto, o teor de umidade do solo é influenciado pelas culturas que cresce no espaço entre os renques, em especial no sistema ILPF2, composto pelo *C. citriodora*, visto que a proximidade P0 apresentou maior teor de umidade no solo que a proximidade P8,5.

Assim, os resultados sugerem que na proximidade P0 nos sistemas ILPFs, a CAD do solo é influenciada diretamente pelo componente florestal. Já na proximidade P2,5 é influenciada indiretamente pelo componente florestal, e na proximidade 8,5, praticamente não é influenciada pelo componente florestal.

Tabela 15. Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de março de 2016, aos 27 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P0, P2,5, e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardial	11 de março 2016			12 de março 2016			14 de março 2016			19 de março 2016		
	Proximidade			Proximidade			Proximidade			Proximidade		
	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0
------%-----												
Camada de 0 a 0,10 m												
Norte	85,2 aA*	50,4 bB*		83,6 aA*	51,4 bB*		80,5 aA*	50,7 aB*		78,3 aA*	50,2 aB*	
Sul	49,6 bB*	59,1 aA*		49,0 bB*	59,0 aA*		48,5 bA*	49,8 aA*		48,0 bA*	47,2 bA*	
P0			36,0			35,0			34,1			32,9
Camada de 0,10 a 0,20 m												
Norte	103,5 aA*	51,7 bB*		102,3 aA*	52,7 bB*		90,5 aA*	52,6 aB*		88,4 aA*	50,8 aB*	
Sul	53,1 bB*	59,5 aA*		52,5 bB*	59,9 aA*		51,5 bA*	53,9 aA*		52,3 bA*	50,8 aA*	
P0			32,0			31,6			30,3			30,3
Camada de 0,20 a 0,30 m												
Norte	93,2 aA*	49,7 aB**		95,0 aA*	51,4 aB ^{ns}		95,5 aA*	52,3 aB ^{ns}		93,1 aA*	51,5 aB ^{ns}	
Sul	43,3 bB**	48,6 aA**		43,9 bB**	49,7 aA**		44,5 bB**	49,8 aA ^{ns}		43,3 bA ^{ns}	49,7 aA ^{ns}	
P0			57,9			54,8			53,6			51,2

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade. * = médias estatisticamente maiores que o tratamento controle (P0); e ** = médias estatisticamente menores que o tratamento controle (P0), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Tabela 16. Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de abril de 2016, aos 27 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pela espécie *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P0, P2,5, e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	11 de abril 2016			12 de abril 2016			14 de abril 2016			19 de abril 2016		
	Proximidade			Proximidade			Proximidade			Proximidade		
	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0	P2,5	P8,5	P0
-----%-----												
Camada de 0 a 0,10 m												
Norte	68,9 aA**	47,7 bB**		69,6 aA**	48,0 bB**		68,7 aA**	48,0 bB**		68,2 aA**	48,7 aB**	
Sul	45,6 bB**	52,6 aA**		45,8 bB**	54,7 aA**		48,1 bB**	50,3 aA**		46,4 bB**	49,4 aA**	
P0			99,7			98,5			95,9			92,5
Camada de 0,10 a 0,20 m												
Norte	71,0 aA**	50,6 aB**		77,1 aA**	52,1 aB**		78,9 aA**	51,7 aB**		70,8 aA**	52,1 aB**	
Sul	54,2 bA**	49,8 aB**		53,9 bA**	53,5 aA**		52,8 bA**	49,0 aA**		53,3 bA**	46,7 bB**	
P0			96,8			95,9			94,3			93,8
Camada de 0,20 a 0,30 m												
Norte	60,2 aA**	38,8 bB**		71,3 aA**	38,7 bB**		74,7 aA**	39,6 bB**		65,2 aA**	38,8 bB**	
Sul	38,0 bB**	44,7 aA**		37,8 bB**	47,8 aA**		38,2 bB**	61,7 aA**		38,8 bB**	55,7 aA**	
P0			97,5			96,8			93,6			93,8

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade. * = médias estatisticamente maiores que o tratamento controle (P0); e ** = médias estatisticamente menores que o tratamento controle (P0), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Observa-se ainda que, independente da posição amostrada, a CAD foi maior no sistema ILPF2 do que no sistema ILPF1, conforme tabela 17.

Tabela 17. Capacidade de água disponível (CAD) nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos dias 11, 12, 14 e 19 de abril de 2016, aos 27 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

11 de abril de 2016		12 de abril de 2016		14 de abril de 2016		19 de abril de 2016	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
----- % -----							
Camada 0 a 0,10 m							
56 B	63 A	55 B	63 A	53 B	62 A	49 B	61 A
2,9		3,0		1,9		4,1	
Camada 0,10 a 0,20 m							
59 B	66 A	59 B	65 A	56 B	64 A	54 B	63 A
1,9		3,9		4,1		4,9	
Camada 0,20 a 0,30 m							
59 A	56 A	58 A	59 A	59 A	59 A	55 A	56 A
4,1		4,2		8,0		6,2	

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.2.4 Atributos químicos do solo

1ª avaliação (6 meses de idade das diferentes espécies florestais)

Os teores de P observados na proximidade P8,5 nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m foram menores (Tabela 18). Na camada de 0,10 a 0,20 m esses teores foram aproximadamente 24% menores que na amostragem de caracterização. Já na camada de 0,20 a 0,30 observa-se aumento de aproximadamente 27%.

A redução dos teores de fósforo no solo pode ter sido pela extração pelas culturas ou imobilização por microrganismos (BROGGI et al., 2010; JANEGITZ et al., 2013). Já o aumento do fósforo pode ter sido em função da aplicação dos fertilizantes utilizados na fertilização das mudas de eucalipto, assim como, nas culturas semeadas entre os renques (FRANCO, 2013).

Tabela 18. Teor de fósforo no solo, nas camadas 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pela espécie *C. citriodora* (ILPF2) nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	Camadas	
	0,10 a 0,20 m	0,20 a 0,30 m
	-----mg dm ⁻³ -----	
Sul	11,00 a	10,58 a
Norte	11,50 a	9,58 a
CV	20,1	20,1
Proximidade		
P2,5	12,13 a	11,00 a
P5,5	11,75 a	10,34 ab
P8,5	9,88 b	8,88 b
CV	11,1	13,7

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

O aumento em 27% nos teores P, na camada de 0,20 a 0,30 m pode ser reflexo dos teores muito baixos na amostragem de caracterização, associada ao desenvolvimento do sistema radicular do milho e brachiaria marandu, que podem ter aumentado o P orgânico, elevando os teores de P nesta camada (GREGORY, 2006). No entanto, isso não foi verificado no sistema ILPF1.

Barbosa et al. (2015), observaram maior teor de fósforo na camada entre 0,05 e 0,075 m no perfil do solo, com aplicação da fonte fosfatada a lanço na superfície, supondo inconsistências dos dados, ou seja, contrariando a hipótese da imobilidade do P nos Latossolos distróficos. Os mesmos autores revelaram que abaixo de 0,10 m de profundidade há redução no teor de fósforo, basicamente por não sofrer influência da adubação realizada em camadas superiores. Costa (2009) observou efeito da adubação fosfatada, na linha de plantio, somente até 0,15 m no perfil do solo.

Os menores teores de P na proximidade P8,5 podem estar associados a maior extração pelas culturas, e/ou maior compactação do solo, assim, os íons fosfatos ficam em maior contato com os óxi-hidróxidos de ferro e alumínio, havendo maior adsorção aos coloides, reduzindo a disponibilidade de P para as plantas (NOVAIS; SMYTH, 1999).

No sistema ILPF1, observa-se que a maior proximidade com as árvores reduziu os teores de Ca na posição ao norte e a proximidade (P8,5), especialmente na camada de 0 a 0,10 m, reduziu os teores Ca na posição ao sul do renque (Tabela 19), indicando que o desenvolvimento do clone I144, de forma direta ou indireta influencia na dinâmica do Ca no solo.

O cálcio é móvel no solo (ERNANI et al., 2007), e é o elemento mais acumulado e exportado pelo eucalipto (MAEDA; BOGNOLA, 2012; ROCHA et al., 2008). Portanto, a árvore pode reduzir o conteúdo de Ca ao seu entorno em função da absorção (ROCHA et al., 2008). De forma indireta, pode influenciar nos níveis de Ca no solo, em função da alteração dos fluxos superficial e subsuperficial da água no solo, influenciando nas perdas deste elemento por lixiviação (menor taxa) e via escoamento superficial (OLIVEIRA et al., 2015).

O maior conteúdo de Ca na face sul pode ter relação com as perdas por escoamento superficial (OLIVEIRA et al., 2015), apesar de pouco provável devido a baixa declividade, apenas 4%. Outro ponto que poderá estar relacionado ao menor teor de Ca na posição ao norte, é devido a extração pelas árvores, visto que as árvores plantadas na linha ao norte do renque cresceram mais, portanto extraíram mais cálcio do solo (Tabela 5).

Não houve diferença nos teores de Ca em função das posições norte e sul na proximidade P2,5 no sistema ILPF2 (Tabela 19). Nesta posição não houve diferença entre o crescimento do *C. citriodora* entre as posições norte e sul (Tabela 5), sugerindo que a exportação de Ca na espécie *C. citriodora* é menor que para o clone.

Tabela 19. Teor de cálcio no solo, nas camadas 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	ILPF1				ILPF2			
	Proximidade				Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Médias	P2,5	P5,5	P8,5	Médias
----- MPa -----								
Camada 0 a 0,10 m								
Sul	23,3 aA	22,8 aA	22,3 bA	22,8	28,0 aAB	32,3 aA	26,0 aB	28,8
Norte	18,0 bB	19,0 bB	25,0 aA	20,7	34,3 aA	29,8 aA	30,3 aA	31,4
Médias	20,6	20,9	23,6		31,1	31,0	28,1	
CV ₁ = 7,7; CV ₂ = 8,1					CV ₁ = 22,5; CV ₂ = 10,9			
Camada 0,10 a 0,20 m								
Sul	20,0 aAB	22,8 aA	18,0 aB	20,5	30,0 aB	26,3 bB	38,8 aA	31,7
Norte	15,8 bA	15,8 bA	19,0 aA	16,8	34,8 aA	32,3 aAB	26,3 bB	31,1
Médias	17,9	19,3	18,5		32,4	29,3	32,5	
CV ₁ = 18,4; CV ₂ = 10,4					CV ₁ = 11,6; CV ₂ = 11,2			
Camada 0,20 a 0,30 m								
Sul	18,00	15,75	16,75	16,83 a	20,5 bA	21,0 aA	19,8 aA	20,4
Norte	15,25	13,75	16,25	15,08 a	22,8 aA	20,3 aB	17,0 bC	20,0
Médias	16,63 A	14,75 B	16,50 A		21,6	20,63	18,38	
CV ₁ = 14,9; CV ₂ = 7,6					CV ₁ = 6,5; CV ₂ = 5,5			

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Houve redução nos teores dos atributos químicos avaliados à medida que se aprofundou no perfil do solo, exceto para a acidez potencial (Tabela 20). A acidez potencial é constituída pelos íons H⁺ e Al³⁺ adsorvidos aos coloides do solo (PEECH, 1965) e é dependente de várias características, dentre elas o teor de matéria orgânica presente no solo (CORRÊA et al., 1998). Nas camadas superficiais do solo, há maior teor e dinâmica da matéria orgânica, maior disponibilidade de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ (bases) e ânions na solução, podendo deslocar Al³⁺ e hidroxila OH⁻ da superfície das argilas (ERNANI et al., 2001).

Tabela 20. Teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e C. citriodora (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

ILPF1									ILPF2								
MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
Camada 0 a 0,10 m																	
21 ^{ns}	11 ^{ns}	1,8 ^{ns}	21,7*	17,2 ^{ns}	26,7 ^{ns}	40,7*	67 ^{ns}	60 ^{ns}	5,5 ^{ns}	21 ^{ns}	13 ^{ns}	1,7 ^{ns}	30,1*	22,7 ^{ns}	20,2 ^{ns}	54,5 ^{ns}	75 ^{ns}
6,8	14,8	16,3	7,9	9,9	8,9	7,3	4,8	5,4	2,6	5,0	17,2	22,6	16,7	11,9	12,3	12,5	7,0
Camada 0,10 a 0,20 m																	
18 ^{ns}	9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	18,5*	15,6 ^{ns}	28,8 ^{ns}	35,5*	64 ^{ns}	55 ^{ns}	5,5 ^{ns}	19 ^{ns}	11*	1,3 ^{ns}	31,4*	22,6 ^{ns}	21,8 ^{ns}	55,3*	77 ^{ns}
8,8	27,0	21,5	14,4	14,6	7,3	12,6	5,7	8,1	2,9	5,3	16,1	19,5	11,4	8,9	2,3	8,9	6,3
Camada 0,20 a 0,30 m																	
17 ^{ns}	7 ^{ns}	1,2 ^{ns}	16,0*	13,9 ^{ns}	29,3 ^{ns}	31,0 ^{ns}	60 ^{ns}	51 ^{ns}	5,4 ^{ns}	18 ^{ns}	10*	1,1 ^{ns}	20,2*	20,2 ^{ns}	23,3 ^{ns}	45,7*	69 ^{ns}
7,1	16,1	14,7	11,3	11,3	6,5	10,3	4,7	6,9	3,4	5,0	16,9	23,6	6,0	6,0	17,1	10,1	3,8

CV = Coeficiente de variação; ^{ns} = Não difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. * Difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; T = CTC total; V = saturação por bases.

Ainda pela tabela 20, verifica-se no sistema ILPF1 e ILPF2, respectivamente, redução do pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, T, V e SB, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, em relação à amostragem anterior a implantação. Já os teores de MO aumentaram em aproximadamente 0,3%, 0,2% e 0,4% nas três camadas avaliadas nos sistemas ILPF1 e ILPF2, em relação à amostragem anterior a implantação (Tabela 1).

O aumento no teor de matéria orgânica no sistema ILPF, corrobora com os trabalhos de Guareschi et al. (2012), Matias et al. (2012), Toma et al. (2013). A variação na quantidade de matéria orgânica do solo em sistemas ILPFs é dependente da espécie e de seus resíduos acumulados na superfície, além de fatores como a profundidade do solo, clima, idade das árvores, práticas silviculturais, textura e mineralogia do solo (ZINN et al., 2011). O não revolvimento do solo, assim como, a diversidade de culturas consorciadas nos sistemas ILPFs, favorece o acúmulo de carbono no solo, garantindo a qualidade do solo, pois a matéria orgânica superficial é essencial no controle da erosão, infiltração de água e na manutenção de nutrientes (MATIAS et al., 2012).

A redução dos teores de K nos dois sistemas pode ser atribuída a extração do nutriente no solo pelas culturas, ou ainda pela lixiviação deste nutriente (SILVA et al., 2014).

Observa-se maiores teores de MO, P, Ca, Mg, SB, T e V no sistema ILPF2 em relação ao sistema ILPF1 (Tabela 21). Estes resultados mostram que no sistema composto pelo *C. citriodora*, há maior disponibilidade de nutrientes, especialmente na camada de 0,10 a 0,20 cm no perfil do solo. Esta maior disponibilidade está associada ao desenvolvimento mais lento da *C. citriodora* em relação ao clone I144 (BERTOMEU et al., 2011).

Tabela 21. Teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m aos 6 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

MO g dm ⁻³		P mg dm ⁻³		K		Ca		Mg		H+Al mmol _c dm ⁻³		SB		T		V %	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
Camada 0 a 0,10 m																	
21 A	21 A	11 A	13 A	1,7 A	1,7 A	21,7 B	30,1 A	17,2 B	22,7 A	26,7 A	20,2 B	40,7 B	54,5 A	67,4 B	74,6 A	60 B	73 A
5,7		15,4		18,9		11,9		11,0		3,0		9,8		5,9		5,5	
Camada 0,10 a 0,20 m																	
18 A	19 A	9 B	11 A	1,3 A	1,3 A	18,5 B	31,4 A	15,6 B	22,6 A	28,8 A	21,8 B	35,5 B	55,3 A	64,4 B	77,1 A	55 B	72 A
6,9		20,4		20,5		12,5		11,1		6,8		10,2		5,9		5,3	
Camada 0,20 a 0,30 m																	
17 B	18 A	7 B	10 A	1,1 A	1,0 A	15,6 B	22,6 A	13,9 B	20,2 A	29,3 A	23,3 B	31,0 B	45,7 A	60,4 B	69,0 A	51 B	66 A
6,0		15,8		18,6		11,1		8,7		10,4		9,6		4,4		7,1	

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

2ª avaliação (12 meses de idade das diferentes espécies florestais)

Na segunda avaliação observou-se efeitos isolados da proximidade da posição amostral em relação ao renque, para os teores de cálcio, magnésio e saturação de bases no sistema ILPF1 e pH em CaCl_2 e $\text{H}+\text{Al}$ no sistema ILPF2, na camada de 0 a 0,10 m, conforme tabela 22.

Observa-se menores teores de Ca, Mg e V, assim como, maior teor de $\text{H}+\text{Al}$ na proximidade P8,5, possivelmente devido a maior extração de nutrientes pela cultura da soja. Em condições normais de boa agregação do solo, 80% do sistema radicular da soja, fica confinado nos primeiros 15 cm do solo (CARDOSO et al., 2006), assim, grande parte do nutriente exportado é retirado desta camada.

Tabela 22. Teores de cálcio, magnésio e saturação por bases (V) no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) e pH em CaCl_2 e teor de $\text{H}+\text{Al}$ no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), na camada de 0 a 0,10 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

	ILPF1			ILPF2	
	Ca -----mmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----	V ----%----	pH em CaCl_2	$\text{H}+\text{Al}$ mmol _c dm ⁻³
Pos. cardeal					
Sul	21,7 a	16,4 a	65,7 a	5,8 a	18,0 a
Norte	21,3 a	15,9 a	62,7 a	5,7 a	18,3 a
CV	16,1	5,4	5,2	3,1	18,2
Proximidade					
P2,5	23,3 a	17,5 a	66,4 a	5,6 b	17,9 a
P5,5	22,0 a	16,6 a	65,5 a	5,9 a	16,9 a
P8,5	19,3 b	14,3 b	60,6 b	5,5 b	19,8 b
CV	16,1	5,4	5,2	3,1	18,2

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

No sistema ILPF2, composto pelo *C. citriodora*, observa-se na camada de 0 a 0,10 m no perfil, menores valores de pH nas proximidades P2,5 e P8,5 e maiores teores de $\text{H}+\text{Al}$ (Tabela 22). O aumento da concentração de hidrogênio na solução do solo está associada a absorção de nitrogênio presente em formulados como 4-20-20

aplicado na ocasião do plantio e 10-10-10 aplicado em cobertura das árvores. A absorção do amônio pelas plantas promove a redução do pH do solo devido à extrusão de prótons da raiz para a rizosfera (PIRES et al., 2008), justificando os menores valores de pH nas proximidades P2,5, local sob influência das árvores de eucalipto na absorção de nutrientes.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, verifica-se no sistema ILPF1, na posição ao norte e proximidade P5,5, menores teores de K, Ca, Mg, SB, e V (Tabela 23). Estes resultados podem ser decorrentes da maior extração das bases pela cultura da soja nesta posição.

Verifica-se ainda que na proximidade P2,5, a posição cardeal não interfere na disponibilidade das bases. A grande proximidade com o sistema radicular das árvores faz com que o efeito da absorção dos nutrientes sobreponha outros fatores envolvidos na disponibilidade de nutrientes. Já nas posições mais distantes (P5,5 e P8,5), a disponibilidade dos nutrientes é mais influenciada pela capacidade de extração das culturas ou ainda os mecanismos de perda, como por exemplo, lixiviação e escoamento superficial.

No sistema ILPF2, nas camadas de 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m no perfil do solo, verifica-se pela tabela 24, menor valor de pH na posição ao norte do renque na proximidade P8,5. Os demais atributos químicos do solo avaliados não apresentaram diferenças significativas nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m. O Menor valor de pH pode indicar maior absorção de nutrientes pela cultura da soja, especialmente absorção de bases (VALE, 1995).

Tabela 23. Teores de potássio, cálcio, magnésio, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) no solo, na camada de 0 a 0,10 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Velocidade de Rotação, CMR20, 1000, 1500 e 2000, 2017				
Pos. cardial	Proximidade			Médias
	P2,5	P5,5	P8,5	
	K			
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sul	1,5 aA	1,6 aA	1,7 aA	1,6
Norte	1,8 aA	1,2 aB	1,3 aAB	1,4
Médias	1,7	1,4	1,5	
CV ₁ = 20,5; CV ₂ = 20,5				
	Ca			
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sul	20,3 aA	20,3 aA	17,8 bA	19,6
Norte	20,0 aB	13,8 bC	25,0 aA	19,4
Médias	20,1	17,0	20,4	
CV ₁ = 13,2; CV ₂ = 13,2				
	Mg			
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sul	15,8 aA	16,8 aA	14,3 bA	15,6
Norte	13,3 aB	11,3 bB	19,3 aA	14,6
Médias	14,5	14,0	16,8	
CV ₁ = 13,3; CV ₂ = 13,3				
	SB			
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sul	37,5 aA	38,6 aA	33,7 bA	36,6
Norte	35,1 aB	26,8 bC	45,6 aA	35,6
Médias	36,3	32,4	39,6	
CV ₁ = 11,24; CV ₂ = 11,24				
	V			
	-----%-----			
Sul	61,9 aA	62,6 aA	57,5 bA	60,6
Norte	58,4 aA	43,9 bB	65,2 aA	55,8
Médias	60,1	53,2	61,3	
CV ₁ = 7,96; CV ₂ = 7,96				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Tabela 24. Valores de pH em CaCl_2 no solo, nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 e 0,30 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	Proximidade			Médias
	P2,5	P5,5	P8,5	
Camada de 0,10 a 0,20 m				
Sul	5,7 aA	5,6 aA	5,6 aA	5,6
Norte	5,7 aA	5,6 aA	5,3 bB	5,7
Médias	5,7	5,6	5,5	
CV ₁ = 3,46; CV ₂ = 3,46				
Camada de 0,20 a 0,30 m				
Sul	5,3 aA	5,1 aAB	5,0 aB	5,1
Norte	4,9 bA	4,8 bA	4,8 aA	4,9
Médias	5,1	4,9	4,9	
CV ₁ = 4,13; CV ₂ = 4,13				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV1 = Coeficiente de variação para colunas; CV2 = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se no sistema ILPF1 que na camada de 0,20 a 0,30 m no perfil do solo, não houve diferença significativa para os valores de pH, SB, T e V e teores de MO, P, K, Ca, Mg e H+Al (Tabela 25). Verificou-se ainda, redução dos teores de MO, P, K, Ca, Mg, SB, T, e valores de pH e V, com o aumento da profundidade no perfil do solo nos dois sistemas. No sistema ILPF2 observa-se que os teores de pH e V foram superiores aos observados na amostragem de caracterização (Tabela 1).

Quando comparado os sistemas ILPF1 com ILPF2, não verificou-se diferença significativa para os teores de P e K, observando valores médios de 9,4 e 10,5 mg dm^{-3} e 2,72 e 2,62 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente.

Os teores de Ca, Mg, SB e pH, foram menores, enquanto que os teores de MO e acidez potencial (H+Al), foram maiores no sistema ILPF1 em relação ao ILPF2 (Tabela 26).

A justificativa para os menores teores de pH, Ca, Mg e SB, pode ser a maior absorção de bases especialmente Ca pelo clone I144, em relação ao *C. citriodora*. Haja vista, o maior desenvolvimento do clone, conforme tabela 5.

Tabela 25. Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

ILPF1										ILPF2									
pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
Camada 0 a 0,10 m																			
5,2 ^{ns}	18 ^{ns}	9 ^{ns}	2,7 ^{ns}	21,5*	16,2*	22,9 ^{ns}	41,6 ^{ns}	64,5 ^{ns}	64*	5,7 ^{ns}	15 ^{ns}	11 ^{ns}	2,6 ^{ns}	23,7 ^{ns}	20,5 ^{ns}	18,2*	46,8 ^{ns}	65,0 ^{ns}	72 ^{ns}
2,9	6,8	14,7	15,2	16,1	8,4	10,4	17,0	12,3	5,2	3,2	12,9	19,7	11,3	16,5	12,5	8,6	13,7	9,8	4,8
Camada 0,10 a 0,20 m																			
5,1 ^{ns}	16 ^{ns}	10 ^{ns}	1,5 ^{ns}	19,5*	15,1*	25,6 ^{ns}	36,1*	61,7 ^{ns}	58*	5,6*	17 ^{ns}	10 ^{ns}	1,6 ^{ns}	25,0 ^{ns}	21,7 ^{ns}	19,4 ^{ns}	48,3 ^{ns}	67,7 ^{ns}	71 ^{ns}
3,3	9,0	47,1	20,8	13,1	13,7	12,3	12,6	6,6	8,4	3,7	10,5	10,2	16,9	17,1	11,2	12,8	16,2	6,7	6,8
Camada 0,20 a 0,30 m																			
5,0 ^{ns}	13 ^{ns}	7 ^{ns}	1,1 ^{ns}	15,6 ^{ns}	13,4 ^{ns}	32,5 ^{ns}	30,1 ^{ns}	57,6 ^{ns}	52 ^{ns}	5,5*	14 ^{ns}	8 ^{ns}	1,0 ^{ns}	23,6 ^{ns}	19,9 ^{ns}	18,7 ^{ns}	44,4 ^{ns}	64,8 ^{ns}	69 ^{ns}
4,4	9,4	27,5	20,3	14,6	13,2	7,6	12,3	5,1	8,6	4,0	8,1	23,1	22,5	13,9	9,6	3,3	9,9	5,7	5,8

CV = Coeficiente de variação; ^{ns} = Não difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. * Difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; T = CTC total; V = saturação por bases.

Tabela 26. Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Tabela 1. pH e CEC da camada 0 a 0,10 m (ILPF 1, ILPF 2), UNESP, FCAV, Jaboticabal, 2017.															
pH em CaCl ₂		MO g dm ⁻³		Ca		Mg		H+Al mmol _c dm ⁻³		SB		T		V	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
Camada 0 a 0,10 m															
5,2 B	5,7 A	18 A	15 B	21,5 B	23,7 A	16,1 B	20,5 A	22,9 A	18,2 B	41,6 B	46,8 A	64,5 A	65,0 A	64 B	72 A
3,0		9,9		13,0		10,2		9,2		15,3		11,0		5,0	
Camada 0,10 a 0,20 m															
5,1 B	5,7 A	16 A	15 A	19,5 B	25,0 A	15,8 B	21,7 A	25,6 A	19,4 B	36,1 B	48,3 A	61,7 A	67,7 A	58 B	71 A
3,3		9,5		14,7		11,9		11,8		11,5		6,4		7,2	
Camada 0,20 a 0,30 m															
5,0 B	5,5 A	13 A	14 A	15,6 B	23,6 A	13,4 B	19,9 A	27,5 A	20,3 B	30,1 B	44,4 A	57,7 A	64,8 A	52 B	69 A
4,0		9,2		13,6		11,0		9,2		10,5		6,0		7,1	

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

3ª avaliação (18 meses de idade das diferentes espécies florestais)

Na terceira amostragem do solo, observou-se efeito isolado da proximidade da posição amostral em relação ao renque, nos teores de P nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m e para os teores de Ca, SB e T na camada de 0 a 0,10 m no sistema ILPF1, conforme tabela 27.

Observou-se na primeira camada avaliada maiores teores de P, Ca, Sb e T na proximidade P2,5 m em relação ao renque. Isto indica que nesta posição houve menor extração destes nutrientes pela cultura do milho, apresentando menor produtividade nesta posição, conforme será mencionado posteriormente. Na camada de 0,10 a 0,20 m, observa-se menor teor de P na proximidade P8,5.

Tabela 27. Teores de fósforo nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m e teores de cálcio, soma de bases (SB) e CTC total (T) no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) na camada de 0 a 0,10 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardial	Camada de 0 a 0,10 m				Camada de 0,10 a 0,20 m
	P mg dm ⁻³	Ca	SB -----mmol _c dm ⁻³ -----	T	P mg dm ⁻³
Sul	21,9 a	19,6 a	36,1 a	67,0 a	16,8 a
Norte	21,1 a	17,8 a	34,8 a	69,4 a	13,4 a
CV	34,2	12,7	12,4	5,9	29,7
Proximidade					
P2,5	29,5 a	21,3 a	39,1 a	73,7 a	14,4 ab
P5,5	18,5 ab	15,9 b	31,8 b	63,5 b	18,6 a
P8,5	16,5 b	19,0 a	35,4 ab	67,3 b	12,3 b
CV	34,2	12,7	12,4	5,9	34,2

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na camada de 0 a 0,10 m, observa-se menores teores de K nas proximidades P5,5 e P8,5 (Tabela 28). Sugerindo que haja maior exportação do nutriente nesta posição, consequentemente, maior produtividade de milho.

Tabela 28. Valores de pH em CaCl_2 e teores de potássio no solo, na camada de 0 a 0,10 m e teores de potássio, cálcio, soma de bases (SB) e CTC total (T) na camada de 0,10 a 0,20 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardial	Proximidade			Médias
	P2,5	P5,5	P8,5	
Camada de 0 a 0,10 m				
pH em CaCl_2				
Sul	5,0 aA	5,1 aA	5,0 aA	5,0
Norte	4,7 bB	4,7 bB	4,9 aA	4,8
Médias	4,9	4,9	4,9	
CV ₁ = 2,5; CV ₂ = 2,5				
K				
Sul	3,8 aA	2,5 aB	1,8 aB	2,7
Norte	3,1 aA	3,2 aA	2,0 aB	2,8
Médias	3,5	2,8	1,9	
CV ₁ = 19,0; CV ₂ = 17,2				
Camada de 0,10 a 0,20 m				
K				
Sul	1,5 aA	1,6 aA	1,7 aA	1,6
Norte	1,8 aA	1,2 aB	1,3 aAB	1,4
Médias	1,7	1,4	1,5	
CV ₁ = 19,9; CV ₂ = 15,1				
Ca				
Sul	20,3 aA	15,3 bB	15,8 aB	17,1
Norte	14,8 bB	18,3 aA	16,0 aAB	16,3
Médias	17,5	16,8	15,9	
CV ₁ = 16,7; CV ₂ = 16,7				
SB				
Sul	35,9 aA	32,3 aA	31,7 aA	33,3
Norte	27,4 bB	34,3 aA	31,3 aAB	31,0
Médias	31,7	33,3	31,5	
CV ₁ = 7,4; CV ₂ = 7,9				
T				
Sul	66,6 aA	60,6 bA	64,7 aA	64,0
Norte	61,7 aB	68,3 aA	66,3 aAB	65,4
Médias	64,2	64,4	65,5	
CV ₁ = 5,5; CV _(prox.) = 6,5				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV1 = Coeficiente de variação para colunas; CV2 = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Ainda pela tabela 28, observa-se na camada de 0,10 a 0,20 m, menores teores de K, Ca, Sb e T ao norte do renque, nas proximidades P5,5 e P8,5 para K, nas proximidades P2,5 e P8,5, para Ca, Sb e T. As menores quantidades de Ca e consequentemente Sb e T na proximidade 2,5, possivelmente estão associadas a absorção de cálcio pelas árvores, visto que as mesmas demandam grande

quantidade deste nutriente. Enquanto que na proximidade P8,5 a extração dos nutrientes ocorre pela cultura do milho em consórcio com o capim marandu, ainda sim, menos exigente neste nutriente que as árvores.

No sistema composto pelo *C. citriodora* (ILPF2), observa-se na posição ao norte do renque, maiores teores de K nas proximidades P5,5 e P8,5. Já na proximidade P2,5 a posição ao norte apresentou menor teor de K. Na camada de 0,10 a 0,20 m observa-se maiores teores de P na posição ao norte do renque nas camadas P2,5 e P5,5, enquanto não houve diferença entre as posições em relação ao renque na proximidade P8,5, que apresentou os menores valores (Tabela 29).

Tabela 29. Teores de potássio no solo, na camada de 0 a 0,10 m e teores de fósforo na camada de 0,10 a 0,20 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	Proximidade			Médias
	P2,5	P5,5	P8,5	
Camada de 0 a 0,10 m				
K				
Sul	2,4 aA	1,2 bAB	1,1 bB	1,6
Norte	1,8 bB	3,4 aA	3,1 aA	2,7
Médias	2,1	2,3	2,1	
CV ₁ = 28,8; CV ₂ = 26,5				
Camada de 0,10 a 0,20 m				
P				
Sul	16,8 bA	11,8 bA	9,8 aA	1,6
Norte	28,0 aA	21,3 aA	9,0 aB	2,7
Médias	22,4	16,5	2,1	
CV ₁ = 28,3; CV ₂ = 22,1				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV1 = Coeficiente de variação para colunas; CV2 = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Os menores valores de P, na posição mais distante do renque, podem serem atribuídos a maior absorção deste nutriente pela cultura do milho. As plantas cultivadas nesta proximidade tendem a desenvolver mais e conseqüentemente exportar maior quantidade de nutrientes do solo (MACEDO et al., 2006).

Verifica-se no sistema ILPF1 e ILPF2, redução em profundidade, de todos os atributos avaliados (Tabela 30). Observa-se ainda aumento nos teores de MO, P e K e redução do pH em CaCl₂, Ca, Mg, Sb, T e V (Tabela 1). Assim, pressupõe-se que é de suma importância à correção do solo com calagem, antes do momento da

implantação do sistema ILPF. A aplicação de calcário em eucalipto tem sido recomendada em solos com teores de Ca e Mg menores que $20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (BELLOTE; NEVES, 2001), resultando em saturação por bases próximo de 50%.

Ainda na tabela 30, verifica-se no sistema ILPF2 aumento nos teores de MO e P em relação à amostragem de caracterização (Tabela 1). Corroborando com Franco (2013), Freitas et al. (2013) e Valpassos et al. (2007), que concluíram que os sistemas ILPF aumentam o teor de MO no solo, melhorando a qualidade química, física e biológica do solo.

No sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) observa-se que os teores de Ca, Mg, SB e T, assim como pH e V, foram menores do que no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2) (Tabela 31). Sugerindo que direta ou indiretamente as árvores do clone I144, reduz a disponibilidade de bases no solo.

Aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais não se observa diferença significativa entre os sistemas para os teores de MO, P e K. Sugerindo-se que estes atributos na posição entre os renques são menos influenciados pelas diferentes espécies arbóreas que compõe os sistemas ILPFs.

Tabela 30. Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

ILPF1										ILPF2									
pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
Camada 0 a 0,10 m																			
4,9*	29 ^{ns}	22*	2,7*	18,7*	14,0 ^{ns}	32,7 ^{ns}	35,4*	68,2*	52 ^{ns}	5,3 ^{ns}	29 ^{ns}	19 ^{ns}	2,2*	28,6 ^{ns}	24,6 ^{ns}	26,4 ^{ns}	55,4 ^{ns}	81,8 ^{ns}	68 ^{ns}
2,5	8,6	34,2	19,0	12,7	19,5	12,4	12,4	5,8	10,6	4,6	7,2	28,8	29,5	12,9	14,1	10,8	10,3	6,7	5,6
Camada 0,10 a 0,20 m																			
4,8 ^{ns}	26 ^{ns}	15*	2,4*	16,7*	13,0 ^{ns}	32,5 ^{ns}	32,1*	64,7*	50 ^{ns}	5,2 ^{ns}	26 ^{ns}	16*	1,3 ^{ns}	23,2 ^{ns}	20,7 ^{ns}	27,5 ^{ns}	45,3 ^{ns}	72,7 ^{ns}	62 ^{ns}
4,5	6,9	29,6	19,9	8,5	15,4	7,0	7,4	5,5	5,7	4,2	5,2	29,3	31,2	15,3	17,0	9,6	14,3	8,5	7,1
Camada 0,20 a 0,30 m																			
4,6 ^{ns}	23 ^{ns}	7 ^{ns}	2,1 ^{ns}	14,5 ^{ns}	10,9 ^{ns}	35,9 ^{ns}	27,4 ^{ns}	63,3 ^{ns}	43 ^{ns}	5,0 ^{ns}	23 ^{ns}	10 ^{ns}	1,1 ^{ns}	19,7 ^{ns}	17,5 ^{ns}	30,7 ^{ns}	38,2 ^{ns}	68,9 ^{ns}	55 ^{ns}
4,8	5,8	29,5	28,8	12,0	19,4	12,7	7,9	7,5	10,1	3,7	5,8	29,9	26,6	15,5	14,3	7,6	12,0	7,6	6,1

CV = Coeficiente de variação; ^{ns} = Não difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. * Difere estatisticamente pelo teste de F < 0,05. MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; T = CTC total; V = saturação por bases.

Tabela 31. Valores de pH em CaCl_2 e teores de MO, Ca, Mg, H+Al, SB, T e valores de V, nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

pH em CaCl ₂		MO g dm ⁻³		Ca		Mg		H+Al mmol _c dm ⁻³		SB		T		V	
ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2	ILPF1	ILPF2
Camada 0 a 0,10 m															
4,9 B	5,3 A	29 A	29 A	18,7 B	28,6 A	14,0 B	24,6 A	32,7 A	26,4 B	35,4 B	55,4 A	68,2 B	81,8 A	52 B	68 A
3,6		15,8		12,8		16,8		11,6		11,4		6,3		8,1	
Camada 0,10 a 0,20 m															
4,8 B	5,2 A	26 A	26 A	16,7 B	23,2 A	13,0 B	20,7 A	32,5 A	27,5 B	32,1 B	45,3 A	64,7 B	72,7 A	50 B	62 A
4,2		6,2		11,9		16,2		3,2		10,9		7,0		6,2	
Camada 0,20 a 0,30 m															
4,6 B	5,0 A	23 A	23 A	14,5 B	19,7 A	10,9 B	17,5 A	35,9 A	30,7 B	27,4 B	38,2 A	63,3 B	68,9 A	43 B	55 A
4,0		5,7		14,2		16,4		9,8		10,7		7,5		7,7	

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.3 Desenvolvimento das culturas anuais e forrageira

4.3.1 Milho

No sistema ILPF1, que não houve diferença significativa na produtividade do milho na posição ao sul do renque na primeira safra. Na segunda safra observou-se maior produtividade de milho na proximidade P2,5 na posição ao norte do renque. E na terceira safra a produtividades de milho foi maior na proximidade P8,5 (Tabela 32).

Estes resultados indicam que no primeiro ano o clone I144, pouco interferiu na produtividade das culturas semeadas entre os renques nos sistemas ILPF. Estes dados corroboram com Kleinpaul et al. (2010) e Franchini et al. (2014). No entanto, contrariam Bertomeu (2012) e Marin et al. (2006) que concluíram que a adubação realizada nas árvores aumenta a produtividade do milho semeado próximo aos renques.

No segundo ano após implantação do clone I144, a produtividade do milho na proximidade P2,5 reduz drasticamente. Esta redução é possivelmente causada pela menor disponibilidade de luz e água. Principalmente quando se compara as posições norte e sul do renque, com a posição ao sul apresentando menor disponibilidade de água, conforme tabela 15.

No terceiro ano a competição por estes fatores é mais acentuada, possivelmente a competição por luz seja a principal causa da menor produtividade, no entanto, essa diferença pode ser decorrente também da diferença existe no sistema radicular das duas cultivares de árvores utilizadas.

No sistema ILPF2, sistema formado pelo *C. citriodora* a produção média do milho aos seis meses de idade das diferentes espécies florestais foi de 4486 kg ha⁻¹, não observando diferença significativa entre as posições avaliadas.

Tabela 32. Produtividade de milho (kg ha^{-1}) produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 6, 18 e 30 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Médias
6 meses de idade das diferentes espécies florestais				
Sul	3843,5 aA	3915,2 aA	3801,1 aA	3853,3
Norte	3516,1 aB	3799,5 aAB	4183,3 aA	3833,0
Médias	3679,8	3857,4	3992,2	
CV ₁ = 6,35; CV ₂ = 6,35				
18 meses de idade das diferentes espécies florestais				
Sul	948,8 bC	2997,5 aB	4394,2 aA	2780,1
Norte	2104,1 aB	4220,9 aA	4303,2 aA	3542,7
Médias	1526,4	3609,2	4348,7	
CV ₁ = 8,2; CV ₂ = 8,2				
30 meses de idade das diferentes espécies florestais				
Sul				1980,5 b
Norte				2980,2 a
Médias	1028,5 C	2600,7 B	3811,8 A	
CV ₁ = 23,3; CV ₂ = 23,3				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV₁ = Coeficiente de variação para colunas; CV₂ = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Aos 18 e 30 meses de idade das diferentes espécies florestais, observa-se maiores produtividades nas proximidades P5,5 e P8,5 (Tabela 33). A menor produtividade na proximidade P2,5 pode estar atribuída a menor disponibilidade de luz. Haja vista, que houve pouca diferença na CAD entre as proximidades P2,5 e P8,5, não sendo a disponibilidade de água o fator limitante para a produtividade do milho nesta posição.

Tabela 33. Produtividade de milho (kg ha^{-1}) produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 18 e 30 meses de idade, no sistema formado pelo *C. citriodora* (ILPF2), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardenal	18 meses idade das diferentes espécies florestais	30 meses idade das diferentes espécies florestais
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Sul	4102,7 a	3695,6 a
Norte	4369,2 a	4131,1 a
CV	14,9	21,8
Proximidade		
P2,5	3367,9 b	2559,8 b
P5,5	4568,1 a	4472,6 a
P8,5	4771,8 a	4707,7 a
CV	14,9	21,8

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV = Coeficiente de variação para colunas; Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

As plantas de milho coletadas na proximidade P2,5 no sistema ILPF1 apresentou os maiores teores de P, N e K foliar (Tabela 34). No sistema ILPF2, não houve diferença significativa nos teores foliares de N, P e K aos 18 meses após implantação das mudas de árvores. Os valores observados foram 2,13, 30,1 e 16,1 g kg^{-1} , respectivamente. Estando dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho, conforme Malavolta et al., (1997).

Estes dados sugerem que tenha ocorrido o efeito de concentração do nutriente no tecido foliar, em função da baixa produtividade. Pois, de acordo com Malavolta et al. (1997), os teores foliares de N estão na faixa considerada adequada para as plantas, entre 27,5 a 32,5 g kg^{-1} .

Tabela 34. Teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no milho produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 18 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1), nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	Proximidade			
	P2,5	P5,5	P8,5	Médias
P				
Sul	2,9 aA	2,6 aAB	2,4 aB	2,6
Norte	1,9 bB	2,2 bAB	2,3 aA	2,1
Médias	2,4	2,4	2,3	
CV ₁ = 6,52; CV ₂ = 6,52				
N				
Sul	34,9 aA	33,7 aA	33,2 aA	33,9
Norte	26,6 bB	30,7 bA	31,5 aA	29,6
Médias	30,8	32,2	32,4	
CV ₁ = 4,5; CV ₁ = 4,5				
K				
Sul	21,5 aA	18,7 aB	17,2 aC	19,1
Norte	18,0 bA	16,7 bAB	16,4 aB	17,0
Médias	19,8	17,7	16,8	
CV ₁ = 4,5; CV ₁ = 4,5				

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; CV1 = Coeficiente de variação para colunas; CV2 = Coeficiente de variação para linhas. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A produtividade de milho entre os renques do *C. citriodora*, foi maior quando comparada a produtividade do milho entre os renques do clone I144. Já os teores foliares de P, N e K na cultura do milho não apresentaram diferença significativa (Tabela 35).

Observa-se que o clone I144 causou redução de 15, 25 e 35% na produção de milho no sistema ILPF na primeira, segunda e terceira safra de milho, respectivamente. Neste experimento o clone I144 apresentou maior potencial competitivo com as culturas em consórcio nos sistemas ILPFs.

Tabela 35. Produtividade de milho (kg ha^{-1}) e teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) no milho aos 6, 18 e 30 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

	ILPF1	ILPF2
Prod. 6 meses de idade das diferentes espécies florestais (kg ha^{-1})	3843,1 B	4486,7 A
CV	15,4	
Prod. 18 meses de idade das diferentes espécies florestais (kg ha^{-1})	3161,4 B	4235,9 A
CV	8,2	
Prod. 30 meses de idade das diferentes espécies florestais (kg ha^{-1})	2480,4 B	3913,4 A
CV	23,7	
P foliar (g kg^{-1})	2,4 A	2,1 A
CV	6,5	
N foliar (g kg^{-1})	31,8 A	30,1 A
CV	4,5	
K foliar (g kg^{-1})	18,0 A	16,1 A
CV	3,3	

Prod. = Produtividade; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.3.2 Soja

A produtividade de soja semeada entre os renques das diferentes espécies florestais aos 12 meses de idade, não diferiu estatisticamente entre as posições avaliadas, produzindo $2708,6 \text{ kg ha}^{-1}$. Não houve diferença significativa nos teores foliares de P, N e K, foram 2,7, 51,4 e 17,1, respectivamente.

Estes resultados sugerem que a cultura da soja é mais adaptada ao sombreamento que a cultura do milho quando semeadas entre os renques nos sistemas ILPFs. A planta de soja por ser uma cultura de rota fotossintética C3 apresenta maior adaptabilidade ao sombreamento, verificando-se pouca influência do componente florestal.

Diel et al. (2014), avaliando a produtividade de soja em sistema ILPF com dois anos de idade, em diferentes posições entre os renques, não observaram diferença significativa para a produção de soja, observando produtividade média de $3500,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Oliveira et al. (2013), observaram produtividade de soja variando de $2400,0$ a $3000,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ao longo de seis safras agrícolas. Indicando estabilidade na produção de soja nos sistemas ILPF.

4.3.3 *Brachiaria marandu*

Os teores foliares de P e K e massa seca de forragem (MSF) aos seis meses de idade, produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos sete meses de idade, não apresentaram diferença significativa entre as posições cardeais em relação ao renque avaliadas e entre os sistemas avaliados.

Observa-se maiores teores de MSF nas proximidades P8,5, assim como o observado na cultura do milho (Tabela 36). Esta maior quantidade de MSF, é devido a maior insolação e maior disponibilidade de água conforme já mencionado.

Tabela 36. Teor de nitrogênio foliar do capim marandu produzido entre os renques das diferentes espécies florestais aos 7 meses de idade e massa seca de forragem (MSF) aos 19 meses de idade, no sistema formado pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2) nas posições sul e norte e proximidades P2,5, P5,5 e P8,5 em relação ao renque, UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

Pos. cardeal	ILPF1		ILPF2	
	N -- g kg ⁻¹ --	MSF ---kg ha ⁻¹ ----	N -- g kg ⁻¹ --	MSF ---kg ha ⁻¹ ----
Sul	15,7 a	5064,6 a	17,3 a	8736,1 a
Norte	15,6 a	5872,3 a	17,7 a	9602,7 a
CV	6,8	19,1	3,7	22,3
Proximidade				
P2,5	14,8 b	2461,0 c	17,0 b	4728,7 c
P5,5	16,3 a	5777,8 b	17,4 ab	9517,1 b
P8,5	15,9 ab	8166,4 a	18,0 a	13262,9 a
CV	6,8	19,1	6,8	22,3

P2,5 = Posição amostral distando de 1 a 4 m do renque; P5,5 = Posição amostral distando de 4 a 7 m do renque; P8,5 = Posição amostral distando de 7 a 10 m do renque; DMS = Diferença mínima significativa; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se que após os 18 meses o clone I144, começa a interferir negativamente na produtividade do capim marandu. Aos sete meses após plantio verificou-se ainda menores teores de N foliar na forrageira semeada entre os renques do clone I144 (Tabela 37). Estes resultados sugerem que a espécie *C. citriodora* apresenta menor potencial competitivo para compor os sistemas ILPF.

Tabela 37. Teores foliares de fósforo, nitrogênio e potássio (g kg^{-1}) e massa seca de forragem (MSF) aos 7 e 19 meses de idade das diferentes espécies florestais, nos sistemas formados pelo clone I144 (ILPF1) e *C. citriodora* (ILPF2), UNESP-FCAV, Jaboticabal, 2017.

	ILPF1	ILPF2
P foliar (g kg^{-1})	1,0 A	1,1 A
CV	17,6	
N foliar (g kg^{-1})	15,7 B	17,5 A
CV	5,2	
k foliar (g kg^{-1})	27,7 A	29,5 A
CV	18,2	
MSF 7 meses	5404,0 A	4403,4 A
CV	25,4	
MSF 19 meses	5468,4 B	9169,4 A
CV	20,2	

Prod. = Produtividade; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.4 Comparação entre os diferentes sistemas de usos do solo

Quando se compara a disponibilidade de luz entre os renques nos sistemas ILPF1 e ILPF2 com o sistema ILP, verifica-se que o sistema formado pelo clone I144 apresentou menor iluminância que no sistema ILP (Tabela 38). Estes dados sugerem que o clone I144 reduz a disponibilidade de luz após os 12 meses de idade.

Tabela 38. Iluminância, e umidade relativa nos diferentes sistemas de uso, aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais.

	Sistemas de usos do solo		
	ILPF1	ILPF2	ILP
Iluminância (Klux)	39,4*	41,8 ^{ns}	43,1
Umidade relativa do ar (%)	23,5 ^{ns}	22,5 ^{ns}	23,9

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estaticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Verifica-se maiores valores de RP, nos sistemas ILPF1 e ILPF2 em relação ao sistema ILP (Tabela 39). Essa maior compactação do solo é decorrência do tráfego de máquinas estar limitado em uma faixa restrita de trabalho, ou seja, todas as operações tratorizadas ocorrem na posição central do renque, já no sistema ILP, não há essa obrigatoriedade, pois não há árvores como obstáculos. Associada a passagem das máquinas sempre em um mesmo lugar, o sistema ILPF apresenta a

característica de não haver revolvimento ao longo dos anos. No entanto, vale ressaltar que os valores observados estão abaixo dos considerados críticos ao desenvolvimento das culturas (BEUTLER et al., 2006).

Tabela 39. Atributos físicos do solo nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos diferentes sistemas de uso, aos 6 e 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.

	6 meses			18 meses		
	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP
Camada de 0 a 0,10 m						
PT ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,43 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,42	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,39
MAC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,18 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09
MIC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,25*	0,24*	0,27	0,27*	0,29 ^{ns}	0,30
Ds (g cm^{-3})	1,45 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,50	1,57 ^{ns}	1,61 ^{ns}	1,57
RP (MPa)	1,08*	1,24 ^{ns}	1,29	1,12*	1,56*	1,28
DMP (mm)	2,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}	2,0	3,0*	2,8*	3,9
Camada de 0,10 a 0,20 m						
PT ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,34 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,34	0,28 ^{ns}	0,31*	0,29
MAC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08	0,03 ^{ns}	0,04*	0,03
MIC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,27 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,26	0,25 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,26
Ds (g cm^{-3})	1,68 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,66	1,80 ^{ns}	1,77 ^{ns}	1,80
RP (MPa)	2,55*	2,63*	3,15	3,02 ^{ns}	2,80 ^{ns}	3,09
Camada de 0,20 a 0,30 m						
PT ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,34*	0,36 ^{ns}	0,37	0,30*	0,33 ^{ns}	0,32
MAC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,06*	0,10 ^{ns}	0,09	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05
MIC ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0,27 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,28	0,26 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,28
Ds (g cm^{-3})	1,66*	1,62 ^{ns}	1,58	1,76*	1,73 ^{ns}	1,69
RP (MPa)	2,20 ^{ns}	2,53*	2,10	2,28 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,10

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estaticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se maiores teores de pH em CaCl_2 , Ca, Mg, SB e T no sistema ILPF2, o que não ocorreu no sistema ILPF1 (Tabela 40). Sugerindo que o *C. citriodora* mantém por mais tempo a fertilidade do solo.

Tabela 40. Atributos químicos do solo nas camadas de 0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, nos diferentes sistemas de uso, aos 6, 12 e 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.

	6 meses			12 meses			18 meses		
	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP
Camada de 0 a 0,10 m									
pH em CaCl ₂	5,2 ^{ns}	5,5*	5,2	5,2 ^{ns}	5,7*	5,1	4,9 ^{ns}	5,3*	4,9
MO (g dm ⁻³)	20,7 ^{ns}	20,5 ^{ns}	17,5	18,0 ^{ns}	15,0*	17,3	29,2 ^{ns}	29,0 ^{ns}	29,3
P (mg dm ⁻³)	11,4 ^{ns}	13,3 ^{ns}	11,8	9,4 ^{ns}	10,5 ^{ns}	11,0	21,5 ^{ns}	19,8 ^{ns}	19,0
K (mmol dm ⁻³)	1,8 ^{ns}	1,7 ^{ns}	1,9	2,7 ^{ns}	2,6 ^{ns}	2,5	2,7*	2,2*	1,3
Ca (mmol dm ⁻³)	21,7*	30,1*	19,8	21,5*	23,7*	16,8	18,7 ^{ns}	28,6*	18,3
Mg (mmol dm ⁻³)	17,2 ^{ns}	22,7*	18,0	16,2 ^{ns}	20,5*	15,0	14,0 ^{ns}	24,6*	16,8
H+Al (mmol dm ⁻³)	26,7*	20,2*	29,5	22,9 ^{ns}	18,2 ^{ns}	22,3	32,7 ^{ns}	26,4*	33,8
SB (mmol dm ⁻³)	40,7 ^{ns}	54,5*	39,7	41,6 ^{ns}	46,8*	34,3	35,4 ^{ns}	55,4*	36,3
T (mmol dm ⁻³)	67,4 ^{ns}	74,6*	69,2	64,5 ^{ns}	67,0*	56,5	68,2 ^{ns}	81,8*	70,1
V (%)	60,3 ^{ns}	72,8*	57,3	64,2*	71,9*	60,6	52,0 ^{ns}	67,5*	51,8
Camada de 0,10 a 0,20 m									
pH em CaCl ₂	8,8 ^{ns}	5,5*	5,1	5,1 ^{ns}	5,7*	5,2	4,7 ^{ns}	5,2*	4,8
MO (g dm ⁻³)	18,2*	19,1*	21,8	15,5 ^{ns}	14,7 ^{ns}	16,3	26,1 ^{ns}	26,3 ^{ns}	25,6
P (mg dm ⁻³)	5,1 ^{ns}	11,3 ^{ns}	9,8	10,3 ^{ns}	9,5 ^{ns}	9,8	15,1 ^{ns}	16,1 ^{ns}	17,0
K (mmol dm ⁻³)	1,4*	1,3*	1,8	1,5 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,6	2,4*	1,3*	0,7
Ca (mmol dm ⁻³)	18,5 ^{ns}	31,4*	18,8	19,5*	25,0*	15,5	16,7*	23,2 ^{ns}	19,8
Mg (mmol dm ⁻³)	15,6 ^{ns}	22,6*	16,8	15,1*	21,7*	17,8	13,0*	20,7*	15,5
H+Al (mmol dm ⁻³)	28,8 ^{ns}	21,8*	29,5	25,6 ^{ns}	19,4*	25,0	32,5 ^{ns}	27,5*	33,8
SB (mmol dm ⁻³)	35,5 ^{ns}	55,3*	37,3	36,1 ^{ns}	48,3*	34,6	32,1*	45,3*	36,0
T (mmol dm ⁻³)	64,4 ^{ns}	77,1*	66,8	61,7 ^{ns}	67,7*	59,6	64,7*	72,7 ^{ns}	69,7
V (%)	55,0 ^{ns}	71,5*	55,9	58,2 ^{ns}	71,0*	58,0	49,7*	61,0*	51,5
Camada de 0,20 a 0,30 m									
pH em CaCl ₂	5,1 ^{ns}	5,4*	5,1	5,0 ^{ns}	5,5*	5,0	4,6 ^{ns}	5,0*	4,5
MO (g dm ⁻³)	16,6*	17,9*	20,0	12,6*	13,5*	14,0	23,1 ^{ns}	22,8 ^{ns}	22,0
P (mg dm ⁻³)	7,3 ^{ns}	10,1*	7,0	6,5 ^{ns}	8,0 ^{ns}	7,8	6,7 ^{ns}	9,8 ^{ns}	8,0
K (mmol dm ⁻³)	1,2 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,1	1,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,0	2,1*	1,1*	0,6
Ca (mmol dm ⁻³)	16,0*	24,5*	12,3	15,6 ^{ns}	23,6*	14,3	14,5*	19,7 ^{ns}	18,5
Mg (mmol dm ⁻³)	13,9 ^{ns}	20,2*	14,8	13,4 ^{ns}	19,9*	12,8	10,9*	17,5*	13,3
H+Al (mmol dm ⁻³)	29,3*	23,3*	33,0	27,5 ^{ns}	20,3*	28,0	35,9 ^{ns}	30,1*	38,0
SB (mmol dm ⁻³)	31,0 ^{ns}	45,7*	28,1	30,1 ^{ns}	44,4*	28,0	27,4*	38,2*	32,3
T (mmol dm ⁻³)	60,4 ^{ns}	69,0*	61,1	57,6 ^{ns}	64,8*	56,0	63,3*	68,9 ^{ns}	70,3
V (%)	51,4*	66,2*	46,0	52,2 ^{ns}	68,5*	49,9	43,2 ^{ns}	55,1*	45,7

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estaticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A presença do clone I144 reduziu a produtividade da cultura do milho aos 6, 18 e 30 meses, enquanto que a presença do *C. citriodora* causou redução na produtividade do milho apenas aos 30 meses após a implantação das espécies florestais (Tabela 41).

Bertomeu (2012), Macedo et al. (2006) e Marin et al. (2006), trabalhando em diferentes condições de clima, observaram redução de 50 a 70% na produtividade de milho cultivado em sistema ILPF composto por híbridos clonados de eucalipto, quando comparado ao cultivo em sistema de monocultura.

Observa-se ainda que os teores foliares de P, N e K foram superiores nas plantas cultivadas no sistema ILPF1, podendo estar atribuído ao efeito de concentração, devido a menor produtividade.

Tabela 41. Produtividade de milho aos 6, 18 e 30 meses após implantação das mudas de árvores e teores foliares de P, N e K aos 18 meses de idade das diferentes espécies florestais.

	6 meses			18 meses			30 meses		
	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP
Prod. (kg ha⁻¹)	3843*	4467 ^{ns}	4253	3161*	4236 ^{ns}	4057	2480*	3913*	4958
P foliar (g kg⁻¹)				2,4*	2,1 ^{ns}	1,9			
N foliar (g kg⁻¹)				31,8*	30,1 ^{ns}	28,3			
K foliar (g kg⁻¹)				18,1*	16,1 ^{ns}	14,6			

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estaticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se que a presença do clone I144 e da espécie *C. citriodora*, não causou redução na produtividade de soja (Tabela 42). Corroborando com o trabalho de Franchini et al. (2014) que não observaram redução na produtividade de soja consorciada com *Corymbia* sp. nos dois primeiros anos de cultivo e Oliveira et al. (2013) em quatro safras consecutivas.

Tabela 42. Produtividade de soja e teores foliares de P, N e K aos 12 meses de idade das diferentes espécies florestais.

	12 meses		
	ILPF1	ILPF2	ILP
Prod. (kg ha⁻¹)	2714 ^{ns}	2703 ^{ns}	2879
P foliar (g kg⁻¹)	2,6 ^{ns}	2,8*	2,4
N foliar (g kg⁻¹)	48,5 ^{ns}	54,3*	45,7
K foliar (g kg⁻¹)	25,1 ^{ns}	23,8*	26,8

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estaticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Verifica-se ainda maiores teores foliares de P e N nas plantas cultivadas no sistema ILPF2 e menores teores de K nas plantas cultivadas no sistema ILPF1.

Observa-se maior MSF nos sistemas ILPF1 e ILPF2 em relação ao sistema ILP (Tabela 43). Esses dados contrariam os observados por Franchini et al. (2014), Paciullo et al. (2011) e Sousa et al. (2007) que observaram maiores produtividades nos sistema de integração lavoura pecuária em detrimento a integração lavoura-pecuária-floresta.

Vale ressaltar que a produção e não produtividade, no sistema ILP tende a ser maior que no sistema ILPF, visto que, no sistema ILP a área total está ocupada com cultura e pastagem, enquanto que no sistema ILPF, parte da área permanece ocupada pelo componente florestal.

Observa-se ainda pela tabela 43, maiores teores foliares de P e N no capim marandu em consorcio com a espécie *C. citriodora*. De acordo com Paciullo et al. (2011), este efeito pode estar atribuído ao maior sombreamento, maior ciclagem de nitrogênio, atraso no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas sob sombra e redução do tamanho da célula em decorrência no maior sombreamento.

Tabela 43. Matéria seca de forragem (MSF) e teores foliares de P, N e K aos 7 e 19 meses de idade das diferentes espécies florestais..

	7 meses			19 meses		
	ILPF1	ILPF2	ILP	ILPF1	ILPF2	ILP
MSF (t ha⁻¹)	5405 ^{ns}	4403 ^{ns}	5209	11554*	9169*	5468
P foliar (g kg⁻¹)	1,0*	1,0*	0,76			
N foliar (g kg⁻¹)	15,6 ^{ns}	17,5*	15,1			
K foliar (g kg⁻¹)	27,7 ^{ns}	29,5 ^{ns}	31,4			

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; * Difere estatisticamente do sistema ILP pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.5 Interações entre os componentes dos sistemas ILPFs

Observa-se interação sinérgica do clone I144 com o capim marandu aos 7 e aos 19 meses após plantio das mudas. A espécie *C. citriodora* apresenta sinergismo com a cultura do milho aos 6 e 18 meses e o capim marandu aos 19 meses. Observa-se ainda antagonismo existente entre as espécies arbóreas e a cultura do milho após 30 meses de implantação das árvores (Figura 44).

Estes resultados mostram que as culturas agrícolas semeadas entre renques do clone I144, apresenta rendimento muito baixo após 12 meses de implantação do sistema ILPF. Enquanto que quando semeada entre os renques de *C. citriodora* essa redução da produtividade ocorre após 18 meses da implantação. E confirma a boa aptidão do capim marandu para compor os sistemas ILPFs após 12 meses de implantação.

Tabela 44. Análise da interação entre o clone I144, e a espécie *C. citriodora*, com a cultura do milho aos 6, 18 e 30 meses, com o capim marandu aos 7 e 19 meses e com a cultura da soja aos 12 meses.

	Clone I144	<i>C. citriodora</i>	ILP (kg ha ⁻¹)
	Sinergismo	Sinergismo	
Milho (6 meses)	-9,6	+5,0	4253,0
MSF (7 meses)	+3,8	-15,5	5209,0
Soja (12 meses)	-5,7	-6,1	2879,0
Milho (18 meses)	-22,1	+4,4	4057,0
MSF (19 meses)	+111	+68	5468,0
Milho (30 meses)	-50	-21	4958,0

ILPF1 = Sistema ILPF composto com clone I144; ILPF2 = Sistema ILPF composto pelo *C. citriodora*; ILP = Sistema de integração lavoura pecuária; Sinerg. = quantificação da interação entre os sistemas obtidos pela Eq. 1.

5. CONCLUSÃO

1 – Em sistema ILPF o clone I144 cresce mais que a espécie *Corymbia citriodora*, especialmente na linha ao norte do renque, após 18 meses de idade.

2 – A disponibilidade de luz, cálcio e magnésio na faixa de um a três metros entre os renques no sistema ILPF é reduzida após 6 meses de idade das espécies florestais. Em contra partida há nesta posição, melhoria da qualidade física do solo, assim como, aumento nos teores de P e K.

3 – O componente florestal reduziu a produtividade das culturas semeadas na faixa entre 1 e 7 metros do renque, após 18 meses de idade das espécies arbóreas.

4 – O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta composto pela espécie *C. citriodora* possibilitou maior disponibilidade dos fatores naturais de produção para as espécies semeadas entre os renques.

5 – A interação sinérgica entre a espécie *C. citriodora* e a cultura do milho foi observada até a segunda safra, enquanto que a sinergia entre o clone I144 e a cultura do milho se limitou ao primeiro plantio. Após 19 meses de idade do componente florestal há sinergia entre as espécies florestais e o capim marandu.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A participação dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta tem aumentado no cenário do agronegócio brasileiro, este aumento ocorre do norte ao sul do país. Portanto, a importância de se pesquisar as respostas dos componentes do sistema em função da localização, tendo em vista, a importância dos efeitos de latitude, na disponibilidade de energia solar, no clima, no tipo de solo, dentre outros.

O Brasil é um país de extensões continentais e está situado na zona inter tropical, isso faz com que o mesmo apresente grande potencial de energia solar durante todo ano, aproximadamente $5,0 \text{ KWh/m}^2$, valor este que apresenta radiação fotossinteticamente suficiente para altas produtividades agrícolas ao longo do ano.

Este fato implica em dois “pontos”, que poderão ser aperfeiçoados em novas pesquisas: o primeiro seria a utilização de um aceptômetro (que mede radiação fotossinteticamente ativa), em detrimento a utilização de um luxímetro (que mede disponibilidade de luz visível), tendo em vista a grande quantidade de energia disponível. Essa grande quantidade de energia possibilitaria disponibilidade suficiente de radiação fotossinteticamente ativa, em posições que o luxímetro indicaria baixa disponibilidade de luz; o segundo ponto está relacionado à concepção do alinhamento de plantio do componente florestal. No presente trabalho, o alinhamento foi aproximadamente no sentido leste-oeste, no entanto, isto só foi possível em função da declividade da área, pois se deve priorizar o alinhamento no sentido perpendicular à declividade do solo. Por isso, é importante que para os próximos estudos seja dado maior enfoque na posição entre os renques (por meio de um transecto), e não na posição relativa em relação ao renque.

Verificou-se no trabalho produtividades de milho abaixo das proximidades médias obtidas com o mesmo nível de tecnologia. No entanto, vale ressaltar que estas baixas produtividades foram observadas também no sistema ILP, sistema onde houve a presença do componente florestal. O que indica que a baixa produtividade do milho possa estar associada ao consórcio do milho e capim

marandu. Portanto, é de grande importância que se tenha o melhor ajuste entre o semeio simultâneo do milho e o capim marandu.

Vale ainda ressaltar a importância da diferenciação dos termos “produtividade” e “produção” quando se trata de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. A produtividade consiste na relação entre quantidade produzida e área em um determinado momento, enquanto que, a produção seria a soma de tudo que foi produzido na área em determinado momento. Assim, geralmente a produção da espécie agrícola é menor no sistema ILPF do que no sistema ILP, tendo em vista que no sistema ILPF parte da área está ocupada por árvores.

Vale ainda ressaltar que as pesquisas nacionais à cerca dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta é recente, e que há uma imensidão de variáveis a serem investigadas, nos diferentes arranjos que se possa ser feito quando se integra as atividades agrícola, pecuária e florestal. E talvez o grande gargalo para execução de tais pesquisas seja o tempo que demandado, até que se tenha o “laboratório montado a céu aberto”.

7. REFRÊNCIAS

ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H. de; ALMEIDA PEREIRA, R. A. de; MELLONI, E. G. P. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson em resposta à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.841-852, 2015.

AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

AJAYI, O. C.; PLACE, F.; AKINNIFESI, F. K.; SILESHI, G. W. Agricultural success from Africa: the case of fertilizer tree systems in southern Africa (Malawi, Tanzania, Mozambique, Zambia and Zimbabwe). **International Journal of Agricultural Sustainability**. v. 9, n. 1, p.129-136, 2011.

ALVARENGA, R. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, n. 257, p. 59-67, 2010.

ALVAREZ, V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Reflexões sobre a utilização de estatística para pesquisas em ciência do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.3, p.28-35, 2013.

AMORIM, D. M. **Fator de forma artificial para o híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* na Amazônia Oriental**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Pará, Altamira, 2014.

ASSIS, P. C.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B. E.; OLIVEIRA, J. D. M.; WRUCK, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.309–316, 2015.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica e AgroEstat: Sistemas para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015. p. 327 – 356.

BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E.; PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, v.31, n.1, p. 87-95, 2015.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 48p. (Boletim Técnico)

BATISTA, J. de S. **Características de infiltração de amostras do solo residual do granito-gnaiss percoladas por água e efluente tratado de esgoto**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Embrapa Florestas. Colombo: Embrapa Floresta, 2001. 6p. (Circulara Técnica, 54).

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A. D.; SOUZA, F. R. D. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 681-691, 2010.

BERTOMEU, M.; ROSHETKO, J. M.; RAHAYU, S. Optimum pruning intensity for reducing crop suppression in a Gmelina–maize smallholder agroforestry system in Claveria, Philippines. **Agroforestry Systems**, v. 83, n.2, p.167-180, 2011.

BERTOMEU, M. Growth and yield of maize and timber trees in smallholder agroforestry systems in Claveria, northern Mindanao, Philippines. **Agroforestry systems**, v. 84, n. 1, p. 73-87, 2012.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; SILVA, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 787-794, 2006.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J.F. Resistência à penetração em latossolos: Valor limitante à produtividade de arroz de sequeiro. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p.1793-1800, 2004.

BOYDEN, S.; MONTGOMERY, R.; REICH, P. B.; PALIK, B. Seeing the forest for the heterogeneous trees: stand-scale resource distributions emerge from tree-scale structure. **Ecological Applications**, v. 22, n. 5, p. 1578–1588, 2012.

BOYDEN, S.; REICH, P. B.; PUETTMANN, K. J.; BAKER, T. R. Effects of density and ontogeny on size and growth ranks of three competing tree species. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 2, p. 277-288, 2009.

BROGGI, F.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação da disponibilidade, adsorção e níveis críticos de fósforo em diferentes solos. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 247-252, 2010.

CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J. L.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GUIMARÃES, M. D. F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n, 3, p. 493-501, 2006.

CAVARD, X.; BERGERON, Y.; CHEN, H. Y.; PARÉ, D.; LAGANIÈRE, J.; BRASSARD, B. Competition and facilitation between tree species change with stand development. **Oikos**, v. 120, n. 11, p. 1683–1695, 2011.

COELHO, J. S.; CARMO ARAÚJO, S. A. do; VIANA, M. C. M.; VILLELA, S. D. J.; FREIRE, F. M.; SANTOS BRAZ, T. G. dos. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

CORRÊA, G. F. Alterações nos componentes da acidez do solo promovidas em camada subsuperficial compactada pela aplicação superficial de gesso. **Revista Ceres**, v. 45, n. 257, p. 55-64, 1998.

COSTA, S. E. V. G. de A. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1237-1247, 2009.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. D.; MOREIRA, J. F.; POLIDORO, J. C.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. **Pasturas Tropicais**, v. 28, n. 2, p. 8-17, 2006.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L. de; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 49, n. 8, p. 639-647, 2014.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special publication, 35).

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duration of changes in physical and hydraulic properties of a clayey Oxisol by mechanical chiseling. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 159-168, 2016.

DUFOUR, L.; METAY, A.; TALBOT, G.; DUPRAZ, C. Assessing light competition for cereal production in temperate agroforestry systems using experimentation and crop modeling. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 199, n. 3, p. 217-227, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2009. 212 p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. D.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia agrícola**, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

FONSECA, S.; RESENDE, M.; ALFENAS, A.; GUIMARÃES, L.; ASSIS, T.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Editora UFV, Viçosa. 2010. 200 p.

FORRESTER, D. I. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: From pattern to process. **Forest Ecology and Management**, v. 312, p. 282–292, 2014.

FORRESTER, D. I.; VANCLAY, J. K.; FORRESTER, R. The balance between facilitation and competition in mixtures of Eucalyptus and Acacia changes as stands develop. **Oecologia**, v.166, n. 1, p. 265–272, 2011.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F. R.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5 (Especial), p.1006-1013, 2014.

FRANCO, F. O. **Fontes de fósforo na implantação de sistema integração lavoura-pecuária-floresta: atributos físicos do solo, matéria orgânica e produtividade da soja**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

FREITAS, E. C. S. de; OLIVEIRA NETO, S. N. de; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p.409-417, 2013.

FURLAN, R. A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 2001. 146 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

GENRO JÚNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo Argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n. 3, p.477-484, 2004.

GOMES, I. A. C.; CASTRO, E. M. de; SOARES, A. M.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, M. I. N.; ALVES, E.; ALVES, J. P. R.; BARBOSA, D.; FRIES, D. D. Alterações

morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. “Oeiras” sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, v. 38, p.109-115, 2008.

GONÇALVES, J. L. M. de; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; BOUILLET, J. P. D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013.

GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M. C. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semiarid region with a cool climate. **Catena**, v. 118, p. 195-205, 2014.

GRANT, J. C.; NICHOLS, J. D.; YAO, R. L.; SMITH, R. G. B.; BRENNAN, P. D.; VANCLAY, J. K. Depth distribution of roots of *Eucalyptus dunnii* and *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* in different soil conditions. **Forest Ecology and Management**. v. 269, p.249–258, 2012.

GREGORY, P. J. **Plant roots-growth, activity and interaction with soils**. Oxford: lackwell Publishing, 2006. 318 p.

Guareschi, R. F.; Pereira, M. G.; Perin, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 909-920, 2012.

GUEDES FILHO, D. H.; JÚNIOR, J. A. S.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; LIMA OLIVEIRA, J. T. de. Água disponível no solo e doses de nitrogênio no crescimento do girassol. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 3, p. 201-212, 2013.

HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z. D.; ALMEIDA, A. E. A.; SILVA, L. F. Uniformidade entre árvores durante uma rotação e sua relação com a produtividade em *Eucalyptus* clonais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 465-472, 2015.

HINSINGER, P.; BETENCOURT, E.; BERNARD, L.; BRAUMAN, A.; PLASSARD, C; SHEN, J.; ZHANG, F. P for Two, Sharing a Scarce Resource: Soil Phosphorus Acquisition in the Rhizosphere of Intercropped Species. **Plant Physiology**. v. 156, n.3, p. 1078-1086, 2011.

JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1381-1386, 2013.

JARAMILLO, R. A.; GÓMEZ, G. L. Microclima em cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. **Cenicafé**, v. 40, n. 3, p. 65-79, 1989.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P. de; SOARES, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 14-20, 2006.

JINDAL, R.; SWALLOW, B.; KERR, J. Forestry-based carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges. **Natural Resources Forum**, v. 32, n. 2, p. 116–130, 2008.

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M. C. Plantio misto de Eucalipto urograndis e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I - produção de biomassa. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 621-627, 2010.

KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: _____. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Part 1, p.635-662, 1986.

KUNERT, N.; SCHWENDENMANN, L.; POTVIN, C.; HÖLSCHER, D. Tree diversity enhances tree transpiration in a Panamanian forest plantation. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 1, p. 135–144, 2012.

SHEM, K.; CATHERINE, M.; ONG, C. Gas exchange responses of *Eucalyptus*, *C. africana* and *G. robusta* to varying soil moisture content in semi-arid (Thika) Kenya. **Agroforestry Systems**, v. 75, n. 3, p. 239-249, 2008.

LACERDA, N. B. ; ZERO, V. M. ; BARILLI, J. ; MORAES, M. H. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. D. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Soil physical attributes in integrated cattle raising-crop production system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LENKA, N. K.; CHOUDHURY, P. R.; SUDHISHRI, S.; DASS, A.; PATNAIK, U. S. Soil aggregation, carbon build up and root zone soil moisture in degraded sloping lands under selected agroforestry based rehabilitation systems in eastern India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 150, p. 54–62, 2012.

LI, F.; MENG, P.; FU, D.; WANG, B. Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. **Agroforestry Systems**, v. 74, n. 2; p. 163–172, 2008.

LIMA, R. P. de; DE LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. da. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.1, p. 16-20, 2013.

LIN, B. B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 2, p. 510–518, 2010.

LISTE, H. H.; WHITE, J. C. Plant hydraulic lift of soil water – implications for crop production and land restoration. **Plant and Soil**, v. 313, p. 1 –17, 2008.

LIVESLEY, S. J.; GREGORY, P. J.; BURESH, R. J. Competition in tree row agroforestry systems. 3. Soil water distribution and dynamics. **Plant and Soil**, v. 264, n.1, p. 129–139, 2004.

LIVESLEY, S. J.; GREGORY, P. J.; BURESH, R. J. Competition in tree row agroforestry systems. 1. Distribution and dynamics of fine root length and biomass. **Plant and Soil**, v. 227, n. 1, p. 149–161, 2000.

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 443–454, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista Ciências Agrárias**, v.55, p.260-268, 2012.

LOTT, J. E.; ONG, C. K.; BLACK, C. R. Understorey microclimate and crop performance in a Grevillea robusta-based agroforestry system in semi-arid Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 6, p. 1140–1151, 2009.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S. D.; OLIVEIRA, T. K. D. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 255–263, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI G. C.; OLIVEIRA, SA. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos. 1997. 319 p. (Boletim técnico).

MARASENI, T. N.; COCKFIELD, G.; MAROULIS, J. An assessment of silvipasture potential in Southeast Queensland, Australia. **Australasian Journal of Regional Studies**, v. 15, n. 3, p. 297-310, 2009.

MARCHINI, D. C.; LING, T. G. C.; ALVES, M. C.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.6, p.574–580, 2015.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. D. S. B. Effects of *Gliricidia sepium* on soil nutrients, microclimate and maize yield in an

agroforestry system in semi-arid Paraíba, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 555-564, 2006.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. D.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

MATIAS, S. S.; CORREIA, M. A.; CAMARGO, L. A.; FARIAS, M. T. D.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.3, p.414-420, 2012.

MEAD, D. J.; SCOTT, J. T.; CHANG, S. X. Using vector analysis to understand temporal changes in understorey-tree competition in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 6, p. 1200-1211, 2010.

SOUSA MENDES, M. M. de; LACERDA, C. F. de; CAVALCANTE, A. C. R.; FERNANDES, F. É. P.; OLIVEIRA, T. S. de. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.10, p.1342-1350, 2013.

MITCHELL, R. J.; CAMPBELL, C. D.; CHAPMAN, S. J.; CAMERON, C. M. The ecological engineering impact of a single tree species on the soil microbial community. **Journal of Ecology**, v. 98, n. 1, p. 50–61, 2010.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Fertilization in pastoral and *Pinus radiata* D. Don silvopastoral systems developed in forest and agronomic soils of Northwest Spain. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 618–628, 2010.

MUHAMAD, D.; OKUBO, S.; MIYASHITA, T.; TAKEUCHI, K. Effects of habitat type, vegetation structure, and proximity to forests on bird species richness in a forest–agricultural landscape of West Java, Indonesia. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 6, p. 1247–1260, 2013.

MUTHURI, C. W.; ONG, C. K.; CRAIGON, J.; MATI, B. M.; NGUMI, V. W.; BLACK, C. R. Gas exchange and water use efficiency of trees and maize in agroforestry systems in Semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, n. 4, p. 497–507, 2009.

NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D. ‘Solid–fluid–gas’: the state of knowledge on carbon-sequestration potential of agroforestry systems in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 22–27, 2014.

NASCIMENTO, M. I. D.; POGGIANI, F.; DURIGAN, G.; IEMMA, A. F.; SILVA FILHO, D. F. D. Eficácia de barreira de eucaliptos na contenção do efeito de borda em

fragmento de floresta subtropical no estado de São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 191-203, 2010.

NAVRÁTIL, M.; ŠPUNDA, V.; MARKOVÁ, I.; JANOUŠ, D. Spectral composition of photosynthetically active radiation penetrating into a Norway spruce canopy: the opposite dynamics of the blue/red spectral ratio during clear and overcast days. **Trees Structure Function**, v.21, n. 3, p.311–320, 2007.

NEUMAN, R.B., CARDON, Z.G. The magnitude of hydraulic redistribution by plant roots: a review and synthesis of empirical and modeling studies. **New Phytologist**, v. 194, n. 2, p. 337–352, 2012.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, C. R. M. D.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M. D.; MACEDO, R. L. G. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 30, 197-206, 2006.

OLIVEIRA, K. M. G. **Desenvolvimento de um software para estimativa do azimute de linhas de plantio de cafeeiros**. 2008, 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

OLIVEIRA, L. C. D.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; CAMPOS, M. L.; MECABÔ JUNIOR, J. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica em uma estrada florestal na Serra Catarinense. **Ciência Florestal**, v. 25, n.3, p. 655-665, 2015.

OLIVEIRA, P.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J.; RIBEIRO, A. A.; CORDEIRO, L. A. M.; TEIXEIRA, L. P.; MELO, R. A. C.; VILELA, L.; BALBINO, L. C. **Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida Ipameri, GO**. EMBRAPA, 2013. 50 p. (Documentos, 318).

OLIVEIRA, T. D.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. D.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p.748-757. 2007.

ONG, C. K.; ANYANGO, S.; MUTHURI, C. W.; BLACK, C. R. Water use and water productivity of agroforestry systems in the semi-arid tropics. **Annals of arid zone**. v. 46, n. 3-4, p. 255–284, 2007.

OTENGI, S. B. B.; STIGTER, C. J.; NG, J. K.; LINIGER, H. Soil moisture and its consequences in a six year old hedged agroforestry demonstration plot in semi-arid Kenya for two successive contrasting seasons. **African Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 3, p.89–104, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; MIRANDA GOMIDE, C. A. de; CASTRO, C. R. T. de; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. D. F. Á.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011.

PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy; p.905-913, 1965.

PEREIRA, A. C. M.; ALMEIDA, J. C. C. de; MOREIRA, T. G. B.; ZANELLA, P. G.; CARVALHO, C. A. de B.; MORAIS, L. F. de; SOARES, F. A.; LIMA, M. A. Avaliação do componente arbóreo e forrageiro de sistemas silvipastoris na mesorregião dos "Campos das Vertentes" de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.5, n.1., p.66-77, 2015.

PEREIRA, F. C. M. **Métodos de controle de plantas daninhas e níveis de adubação de cobertura na cultura do eucalipto**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2012.

PEZZONI, T.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 293-301, 2012.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. D. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 11, p. 1997-2005, 2008.

POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, v. 193, p. 30–50, 2012.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MOLETTA, J. L.; SILVEIRA PONTES, L. da; OLIVEIRA, E. B. de; PELISSARI, A.; FACCIO CARVALHO, P. C. de. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 70, p. 183-192, 2012.

PORTUGAL, A. F. et al. Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre. In: ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L. **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: SEMA, 2012. 142 p.

PRETZSCH, H.; BIELAK, K.; BLOCK, J.; BRUCHWALD, A.; DIELER, J.; EHRHART, H. P.; ZINGG, A. Productivity of mixed versus pure stands of oak (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL. and *Quercus robur* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) along an ecological gradient. **European Forest Institute Research**. v.132, p. 263–280, 2013.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 32 p.

RAMADHANI, T.; OTSYINA, R.; FRANZEL, S. Improving household incomes and reducing deforestation using rotational woodlots in Tabora district, Tanzania. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 89, n. 3, p.229-239, 2002.

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v.38, n.1, p.3–50, 1998.

REIS, M. G. dos, **Partição da radiação fotossinteticamente ativa e trocas gasosas em cultivos de eucalipto e Cerrado**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.

REYNOLDS, P. E., SIMPSON, J. A., THEVATHASAN, N. V., & GORDON, A. M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, v. 29, n. 4, p. 362–371, 2007.

REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p.131-146, 2002.

ROCHA, J. B. D. O.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G. D.; SILVA, C. A.; CURTI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo Húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A. de; PAIVA, H. N. de; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

ROTHER, A., BINKLEY, D. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 31, n. 11, p. 1855–1870, 2001.

RYAN, M. G.; STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; LIMA, A. M. Factors controlling Eucalyptus productivity: how

resource availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1695–1703, 2010.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no Semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 6 p. (Circular Técnica, 84).

SANOU, J.; BAYALA, J.; BAZIE, P.; TEKLEHAIMANOT, Z. Photosynthesis and biomass production by millet (*Pennisetum glaucum*) and taro (*Colocasia esculenta*) grown under baobab (*Adansonia digitata*) and néré (*Parkia biglobosa*) in an agroforestry parkland system of Burkina Faso (west Africa). **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 283–300, 2012.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; DAVID, R.; DONATO, G.; COELHO, L. L.; AIRES, N. P.; ARAMBURU, B. B. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.492-498, 2016.

SERPA, M. F. P. **Potencial de enraizamento de mudas e avaliações de crescimento inicial de plantas de diferentes clones de Eucalyptus sp. em Vitória da Conquista – BA**. 2014. 57f. (Dissertação – Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2014.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v. 52, n. 2, p. 591 – 611, 1965.

SIGUNGA, D. O.; KIMURA, M.; HOSHINO, M.; ASANUMA, S.; ONYANGO, J. C. Root-fusion characteristic of eucalyptus trees block gully development. **International Journal of Forest, Soil and Erosion**, v. 4, n. 9, p. 32-34, 2015.

SILESHI, G.; AKINNIFESI, F. K.; AJAYI, O. C.; CHAKEREDZA, S.; KAONGA, M.; MATAKALA, P. W. Contribution of agroforestry to ecosystem services in the Miombo eco-region of eastern and southern Africa. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 1, n. 4, p. 68–80, 2007.

SILVA, F. de A.S. **ASSISTAT Versão 7.4 beta**. Campina Grande: Departamento de Engenharia agrícola do CCT-UFGC. 2004. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 20. mai. 2015.

SILVA, M. M. da, ALVES, M. C., PÁDUA SOUSA, A. de, FERNANDES, F. C. S. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Ceres**, v. 56, n. 1, p. 103-111, 2009.

SILVAI, R. F. da; BERTOLLOII, G. M.; CORASSAI, G. M.; COCCOIII, L. B.; STEFFENIV, R. B.; BASSOI, C. J. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciencia rural**, v. 44, n. 3, p. 418-424, 2014.

SILVA, W. da; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004.

SIRIRI, D.; ONG, C. K.; WILSON, J.; BOFFA, J. M.; BLACK, C. R. Tree species and pruning regime affect crop yield on bench terraces in SW Uganda. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 1, p. 65-77, 2010.

SIRIRI, D.; WILSON, J.; COE, R.; TENYWA, M. M.; BEKUNDA, M. A.; ONG, C. K.; BLACK, C. R. Trees improve water storage and reduce soil evaporation in agroforestry systems on bench terraces in SW Uganda. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 1, p. 45-58, 2013.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. S.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.

SOUZA, F. A. de; COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; LEMOS, C. L. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Ceres**, v. 57, n. 1, 2015.

SOUZA, W. D.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. D. A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 677-684, 2010.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.

SPRUGEL, D. G.; RASCHER, K. G.; GERSONDE, R.; DOVČIAK, M.; LUTZ, J. A.; HALPERN, C. B. Spatially explicit modeling of overstory manipulations in young forests: Effects on stand structure and light. **Ecological Modelling**, v. 220, n. 24, p.3565-3575, 2009.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; SANTOS, J. O.; WRUCK, F. J. da S, C.; DANIELA, T. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 53-58, 2014.

TOMA, R. S.; COOPER, M.; TAVARES, M. F.; CARVALHO, C. C. D.; TEATO, A. C. Evolução temporal do comportamento físico-hídrico do solo de um sistema agroflorestal no Vale do Ribeira – SP. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 237-248, 2013.

TURNER, J., LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5, p.1701–1712, 2008.

VALE, R. R. Efeito da deficiência de boron na produção de matéria seca e semente de trevo subterrâneo. **Pastagens Forragens**, v. 16, p. 9-19, 1995.

VALPASSOS, M. A. R.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; NAHAS, E. Recovery of soil microbiological properties in a degraded area planted with *Corymbia Citriodora* and *Leucaena Leucocephala*. **Science Agricola**, v. 64, n.1, p. 68-72, 2007.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 41, n. 5, p. 892-898, 1980.

VAN NOORDWIJK, M.; HAIRIAH, K.; SUPRAYOGO, D.; MACANDOG, D.; LUSIANA, B.; CADISCH, G. Agroforestation of grasslands in Southeast Asia: WaNuLCAS model scenarios for shade-based Imperata control during tree establishment. In: SNELDER DJ, LASCO RD (eds) **Smallholder tree growing for rural development and environmental services**. Springer Science. Business Media B. V., Dordrecht, pp 139–159, 2008.

YOUKER, R. E.; MCGUINESS, J. L. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregates of soil. **Soil science**, v. 83, n. 4, p. 291-294, 1956.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. **Soil Research**, v. 49, n. 7, p. 614–624, 2011.