

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CASSIO FERNANDO FOQUESATTO

**QUALIDADE DO SOLO DE UMA AGROFLORESTA NO SUDOESTE DO  
ESTADO DO PARANÁ**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO  
2017

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CASSIO FERNANDO FOQUESATTO

**QUALIDADE DO SOLO DE UMA AGROFLORESTA NO SUDOESTE DO  
ESTADO DO PARANÁ**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2017

CASSIO FERNANDO FOQUESATTO

**QUALIDADE DO SOLO DE UMA AGROFLORESTA NO SUDOESTE DO  
ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.  
Orientador: Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner  
Co-orientadores: Dr<sup>a</sup>. Elisandra Pocojeski  
Dr. Joel Donazzolo

PATO BRANCO

2017

F 691q      Foquesatto, Cassio Fernando.  
Qualidade do solo de uma agrofloresta no sudoeste do estado do  
Paraná / Cassio Fernando Foquesatto. – 2017.  
68 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Moeses Andriago Danner  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra<sup>a</sup>. Elisandra Pocojeski  
Coorientador: Prof. Dr. Joel Donazzolo  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2017.  
Bibliografia: f. 49 – 64.

1. Cultivo consorciado. 2. Química dos solos. 3. Física dos solos. 4.  
Biologia dos solos. I. Danner, Moeses Andriago, orient. II. Pocojeski,  
Elisandra, coorient. III. Donazzolo, Joel, coorient. IV. Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia. V. Título.

CDD 22 ed. 630

Ficha Catalográfica elaborada por  
Maria Juçara Silveira CRB-9/1359  
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Qualidade do solo de uma agrofloresta no sudoeste do estado do Paraná**

**Por**

**CASSIO FERNANDO FOQUESATTO**

Dissertação apresentada às 8 horas e 30 minutos do dia 27 de março de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. José Ricardo da Rocha  
Campos**  
UTFPR – Pato Branco

---

**Prof. Dr. Fernando Perobelli  
Ferreira**  
UFFS - Chapecó

---

**Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner**  
UTFPR  
Orientador

---

**Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner**  
Coordenador do PPGA

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa.

*Dedico esse trabalho as pessoas que ainda acreditam em um meio ambiente ecologicamente equilibrado e com uma sadia qualidade de vida, preservando-os para a presente e futuras gerações.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me concedido o dom da vida, por abrir meus olhos e guiar minhas palavras.

À minha noiva, Marciéli da Silva, por ter acreditado em mim e ter me incentivado nas horas de maiores dificuldades.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Moeses Andrigo, Danner por todo o conhecimento repassado, a paciência para comigo e por toda a ajuda dedicada, pois sem ele eu não chegaria até aqui.

Aos meus Co-orientadores, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elisandra Pocojeski e Prof. Dr. Joel Donazzolo, pelos momentos de discussão e crescimento para com o assunto.

Agradeço de uma forma muito especial a ajuda que tive nas atividades de campo dos amigos Irinaldo Gomes Leite e David de Oliveira Masson, minhas amigas Maura Colombo e Juliana Cristina Radaelli sem essa ajuda tudo seria mais difícil do que já foi.

***Fé em Deus que ele é justo, nunca se esqueça, na guarda,  
guerreiro levanta a cabeça, onde estiver seja lá como for  
tenha fé porque até no lixão nasce flor.***

***Racionais Mc's.***



## RESUMO

FOQUESATTO, Cassio, F. **Qualidade do solo de uma agrofloresta no sudoeste do estado do Paraná**. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

A agrofloresta visa diminuir os efeitos ocasionados pela interferência humana no ambiente auxiliando a conservação da biodiversidade. Neste trabalho o objetivo foi verificar os indicadores químicos, físicos e biológicos do solo de uma agrofloresta em desenvolvimento inicial. O estudo foi realizado na unidade didática/demonstrativa de agrofloresta, localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos. Foram coletadas amostras de solo e instaladas armadilhas para amostragem da fauna epiedáfica em seis áreas (tratamentos), sendo: quatro quadrantes da agrofloresta, uma área de mata secundária e uma área em sistema de integração lavoura-pecuária. As coletas foram realizadas em 2013 e em 2015, ambas no mês de novembro, em seis pontos de coleta (pseudorepetições), estratificadas em três profundidades: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As análises químicas de solo realizadas foram de teor de macronutrientes, alumínio e matéria orgânica e calculados índices relacionados. As análises físicas realizadas foram de densidade, macroporosidade e microporosidade. Também foi realizada avaliação da resistência do solo à penetração com uso de penetrômetro. A fauna epiedáfica foi coletada com armadilhas Pitfall-traps. Para avaliação da atividade microbiana do solo foi determinada a mineralização do C-CO<sub>2</sub> na camada de 0-5 cm. Os dados foram submetidos à Análise de Variância, seguida de comparação de médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott. Para verificar se existia diferenças entre os anos de coleta (2013 e 2015) foi aplicado o teste pareado de Wilcoxon ou o teste *t* pareado. Os indicadores de qualidade física do solo da agrofloresta estão em níveis intermediários, semelhantes em sua maioria ao sistema de integração lavoura pecuária, mas ainda abaixo dos indicadores de uma mata nativa secundária. Foi possível verificar que comparando as avaliações de 2013 com as de 2015, não houve diferença significativa para grande parte das variáveis analisadas. A avaliação da melhoria do solo de uma agrofloresta com pouco tempo de implantação, pode ser realizada utilizando os atributos físicos e biológicos do solo.

**Palavras-chave:** Cultivo consorciado. Química de solos. Física de Solos. Biologia de solos.

## ABSTRACT

FOQUESATTO, Cassio, F. Soil quality of an agroforest in the southwest of the state of Paraná 69f. Dissertation (Masters in Agronomy)– Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2017.

Agroforestry aims to reduce the effects caused by human interference in the environment, helping to conserve biodiversity. In this work the objective was to verify the chemical, physical and biological indicators of the soil of an agroforest in initial development. The study was carried out in the didactic / demonstration unit of agroforestry, located at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos. Soil samples were collected and traps were installed to sample the epiedaphic fauna in six areas (treatments): four agroforestry quadrants, the secondary forest area and an area under crop-livestock integration system. The collections were carried out in 2013 and 2015, both in November, at six collection points (pseudoreptions), stratified into three depths: 0-5, 5-10 and 10-20 cm. The soil chemical analyzes were of macronutrients, aluminum and organic matter, and related indexes were calculated. The physical analyzes were of density, macroporosity and microporosity. It was also evaluated soil penetration resistance using penetrometer. Epidaphic fauna was collected with Pitfall-traps traps. To evaluate the microbial activity of the soil, the C-CO<sub>2</sub> mineralization was determined in the 0-5 cm layer. The data were submitted to Analysis of Variance, followed by comparison of means of treatments by the Scott-Knott test. To verify if there were differences between the collection years (2013 and 2015) the Wilcoxon paired test or paired t-test was applied. The indicators of soil physical quality of agroforestry are at intermediate levels, similar to the integration system for livestock farming, but still below the indicators of a secondary native forest. It was possible to verify that comparing the evaluations of 2013 with those of 2015, there was no significant difference for most of the analyzed variables. The evaluation of the improvement of the soil of an agroforest with little time of implantation, can be realized using the physical and biological attributes of the soil.

**Key words:** Consortium cultivation. Soil chemistry. Soil Physics. Soil biology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Localização de Dois Vizinhos – PR..... 20
- Figura 2** – A) Foto da agrofloresta, em agosto de 2013, após fortes geadas ocorridas na área. (B) Foto aérea da agrofloresta tirada com uso de Drone, em março de 2016 (B). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017. .... 22
- Figura 3** - Manejo das bananeiras na agrofloresta para incorporação de biomassa ao solo. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 22
- Figura 4** - Esquema de amostragem de solo na agrofloresta, subdividida em quatro quadrantes. Os círculos pretos representam os pontos de amostragem, com os respectivos números, e as linhas representam as linhas de plantio das árvores. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 23

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm no ano de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 30
- Tabela 2** - Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm no ano de 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 33
- Tabela 3** - Probabilidade do teste pareado de Wilcoxon para comparação das medianas de atributos químicos do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017. .... 34
- Tabela 4** - Atributos físicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Dois Vizinhos-PR, 2013. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 38
- Tabela 5** - Atributos físicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, Dois Vizinhos-PR, 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 39
- Tabela 6** - Probabilidade do teste *t* pareado para comparação das médias de atributos físicos do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 40
- Tabela 7** - Resistência à penetração aparente (MPa) do solo nos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5 a 45-50 cm, Dois Vizinhos-PR, 2013 e 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 41
- Tabela 8** - Probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas da resistência à penetração do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M), nas camadas de 0-5 a 45-50 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017..... 42
- Tabela 9** - Índices de riqueza e diversidade baseados no número e ordens de insetos coletados em seis armadilhas nos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata

secundária (M), nas coletas de 2013 e 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017. .... 43

**Tabela 10** - Probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas entre 2013 e 2015 dos índices de riqueza e diversidade de insetos, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017. .... 44

**Tabela 11** - C-CO<sub>2</sub> acumulado de medições aos 15, 30 e 45 dias de incubação, nas coletas de 2013 e de 2015, e probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas entre os anos de coleta, na análise de respirometria ou atividade microbiana do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017. .... 45

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Agrofloresta .....	15
2.2 Incentivo governamental para agrofloresta.....	16
2.3 Qualidade do solo e indicadores de qualidade do solo.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 Condições experimentais.....	20
3.2 Amostragem e análises de solo.....	22
3.3 Análise dos dados .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
4.1 Atributos químicos do solo.....	29
4.2 Atributos físicos do solo.....	35
4.3 Atributos biológicos do solo .....	42
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura se defronta com alguns dilemas quanto ao uso da terra tais como erosão, salinização, uso indiscriminado de defensivos agrícolas, compactação, entre outros e para que seja realizado o manejo de forma economicamente viável e ao mesmo tempo ecologicamente sustentável, surgem os sistemas agroflorestais (SAF's) que visa aumentar a produtividade, dando a devida importância para a sustentabilidade, característica devida ao aumento da biodiversidade no sistema de produção (LAMÔNICA; BARROSO, 2008).

SAF's ou agroflorestas podem ser definidos como uma forma de cultivo múltiplo, onde pelo menos duas espécies de plantas interagem biologicamente, sendo no mínimo uma espécie arbórea e outra espécie manejada para produção agrícola ou pecuária (SOMMARIBA, 1992; ABDO, 2008).

As espécies envolvidas, nestes sistemas, podem fornecer produtos e, ao mesmo tempo, atender a outros objetivos como controle biológico, conservação do solo, adubação verde, fixação de nitrogênio, aumento da atividade microbiana e da fauna decompositora do solo, comportar maior porosidade, menor densidade, menor resistência à penetração, maior agregação do solo e gerar sombreamento (CARVALHO et al., 2004; MAY et al., 2008).

No solo ocorrem muitas interações complexas com grande dinâmica física, química e biológica através de seus constituintes minerais e orgânicos, e também de elementos adicionados constantemente (STEFFEN et al., 2011). A capacidade do solo em manter estes processos responsáveis pela ciclagem de nutrientes está fortemente atrelada à sustentabilidade do agroecossistema (CARVALHO et al., 2004).

A qualidade do solo pode ser definida como capacidade de exercer funções em um ecossistema, como suportar plantas e animais, resistir à erosão e diminuir impactos negativos integrados aos recursos água e ar, sendo um forte indicador da sustentabilidade de agroecossistemas (DORAN; PARKIN, 1994). Ter conhecimento sobre isto é muito importante, pois contribui para a utilização de técnicas de manejo adequadas para qualquer sistema de produção (SANS, 2000; TÓTOLA; CHAER, 2002; STEFFEN et al., 2011).

Os principais indicadores utilizados para determinar a qualidade do solo em sistemas de produção agrícola sustentáveis são os atributos físicos (densidade do solo; porosidade total; resistência mecânica a penetração; estabilidade de agregados; proporção entre macro e microporos; curva de retenção de água e características da infiltração da água no solo); os atributos químicos [teor de matéria orgânica; capacidade de troca catiônica (CTC); saturação por bases (V%), balanço de nutrientes e capacidade de adsorção de íons fosfato, acidez e elementos fitotóxicos; e os atributos biológicos (a biomassa microbiana; respiração basal; quociente metabólico; atividade enzimática e diversidade microbiana e N mineralizável) (SAMWAYS, 1995; FRIZZAS et al., 2003; ALVES et al., 2005; ASSIS; LANÇAS, 2005; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; ARATANI et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2009; FONTENELE et al., 2009; MATIAS et al., 2009; FERREIRA et al., 2010a; NUNES et al., 2010; TAVARES FILHO et al., 2010; CARDOSO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012).

Esses diversos atributos têm sido utilizados em trabalhos para avaliar os benefícios dos sistemas agroflorestais (SAF's) em relação à melhoria da qualidade do solo, comparando-os a outros sistemas de produção agrícola e também aos benefícios gerados pelas florestas naturais. Os SAF's interferem diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (SAHA et al., 2001; DELABIE et al., 2007; HUERTA et al., 2007; NORGROVE et al., 2009), pois promovem maior produção de biomassa aérea, subterrânea e cobertura do solo, proporcionando o acúmulo de carbono e a manutenção da fertilidade do solo devido à ciclagem de nutrientes ser mais eficiente e na redução de perdas por lixiviação e erosão (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; PORTUGAL et al., 2008; ALTIERI, 2012).

Também pode haver um aumento nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio do solo quando comparado os SAF's a sistemas de queima e corte (LIMA et al., 2011). Ainda, melhoria da fertilidade do solo, destacando-se aumento do pH, teores de cálcio, magnésio, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e potássio, em níveis similares ou maiores que solos de florestas remanescentes adjacentes (CAMPANHA et al., 2007; LIMA et al., 2007; MENEZES et al., 2008; BOLEY, 2009; IWATA et al., 2012). A conservação e aumento dos estoques de carbono orgânico comparado com sistemas menos



estáveis, como pastagem e plantio convencional (SCHROEDER, 1994; SANCHEZ, 2000; NAIR et al., 2009; ALVES et al., 2011; FROUFE et al., 2011; LIMA et al., 2011; LOURENTE et al., 2011; ROCHA et al., 2014). Ainda, a manutenção contínua da matéria orgânica (OELBERMANN et al., 2004; SMILEY; KROSCHEL, 2008).

Nestes sistemas também há uma tendência de melhorar as propriedades biológicas (YAN et al., 2000; UDAWATTA et al., 2008; YADAV et al., 2011), pois proporcionam aumento da biomassa microbiana do solo em virtude do maior efeito rizosférico e da maior decomposição de material orgânico ao solo (ARAÚJO et al., 2012; PEZARICO et al., 2013), que atua como agente de transformação da matéria orgânica e como reservatório de nutrientes, contendo, em média, de 2 a 5% do carbono orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981).

A diversidade de espécies vegetais em SAF's faz com que aumente a variedade e o número de fungos micorrízicos, acarretando maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio, principalmente em solos tropicais (SERRAJ, 2004; CARDOSO; KUYPER, 2006; FREITAS et al., 2010).

A melhoria da qualidade do solo, com uso dos SAF's se dá principalmente pela incorporação de biomassa lenhosa através da serapilheira das árvores, o que proporciona o maior aporte de nutrientes, maior dinâmica do carbono orgânico, aumento da microbiota, redução da compactação e aumento da retenção de água no solo (CAMPANHA et al., 2007; TOMA et al., 2013). Por isso, os SAF's podem ser utilizados para recuperação de áreas degradadas (FAVERO et al., 2008), uma vez que tem maior capacidade de manutenção da biodiversidade (SOUZA et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi verificar se em um curto período de tempo os sistemas de agroflorestais são capazes de melhorar a qualidade do solo. Caracterizar química, física e biologicamente um solo após o primeiro e terceiro ano de implantação de um sistema agroflorestal e verificar se ocorreram variações positivas para a os atributos químicos, físicos e biológicos avaliados após 3 anos de implantação do SAF, comparando esses dados com os obtidos de uma mata secundária e um sistema de integração lavoura pecuária (ILP).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Agrofloresta

Os SAF's estabelecem uma alternativa de produção que, auxilia na conservação da biodiversidade, já que agrega várias espécies em uma mesma área, remetendo-se ao ambiente natural com as interações entre plantas de vários ciclos, portes e funções. Isto diversifica a produção, aprimora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, aumenta a disponibilidade de produtos na propriedade, atenuando a erosão e melhorando a ciclagem de nutrientes além de contribuir para o sequestro de carbono (SANCHEZ, 1995; YOUNG, 1997; MÉIER et al., 2011).

Diversos países têm adotado este tipo de sistema, tais como Indonésia (SUYANTO et al., 2005), Gana (ISAAC et al., 2007) além de países da América Latina (BENJAMIN et al., 2001; CAJA-GIRON, SINCLAIR, 2001; STAVER et al., 2001; ANGEL-PÉREZ, MENDOZA, 2004; GRANADOS, 2005; SILVEIRA, 2005; HOLGUIN et al., 2007). No Brasil, são identificados na Amazônia Ocidental (LEHMAN et al., 2001; SANTOS et al., 2002), no sul da Bahia (SCROTH et al., 2002), na região do Alto Vale do Ribeira (FROUFE et al., 2011) e na Floresta Atlântica do litoral norte do Rio Grande do Sul (VIVAN 2000, 2002).

Segundo Hildreth (2008) a principal vantagem dos SAF's é, sem dúvida, a diminuição dos problemas ambientais e aumento da produtividade agrícola e florestal. Um dos fatores determinantes dos SAF's é a melhoria da capacidade produtiva da terra, tendo maior rentabilidade por unidade de área, além da diminuição dos custos de produção, pela redução de controle fitossanitário, adubação e irrigação (ABDO et al., 2008; LAMÔNICA; BARROSO, 2008).

Os SAF's podem ser utilizados também como ferramenta de restauração ambiental, recomposição de matas ciliares e reserva legal. É o que vem ocorrendo em Pindamonhangaba, São Paulo, em que a produção do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) está formando um corredor de fauna. Em altitudes mais elevadas (700-800m) a distribuição de mudas e

dispersão de sementes expandem os plantios na bacia hidrográfica, onde o guanandi apresenta incremento diferenciado do solo inundável. Esses sistemas também podem influenciar positivamente a unir as matas das Serras da Mantiqueira e da Bocaina ao Vale do Paraíba (DEVIDE, 2013).

No Sul do Brasil ocorre a associação de culturas anuais com espécies arbóreas nativas, como por exemplo, consórcio da bracatinga com diversas espécies agrícolas (BAGGIO et al., 1986) bem como o consórcio entre a araucária e erva-mate (DUBOIS, 2004). Outro exemplo, na região da Mata Atlântica, é o enriquecimento de bananais com diferentes espécies florestais, incluindo a palmeira juçara (VIVAN, 2000).

Exemplos da diversidade de cultivos e combinações são desenvolvidos pelo Instituto de Pernambuco Cerrado, que possui projetos de policultivo em terras secas, onde espécies forrageiras resistentes à seca, como *Opuntia ficus-indica* (L.) uma espécie de cactos conhecida como figo-da-índia que, mesmo sob o fenômeno el niño, obtêm-se grande produção; árvores leguminosas como gliricídia (*Gliricidia sepium*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) são utilizados para fixar o nitrogênio e produzir biomassa; Feijão guandu (*Cajanus cajan*), resistentes à seca, é utilizado para consumo humano e cultivos de ciclo curto (ALTIERI; NICHOLLS, 2008).

## 2.2 Incentivo governamental para agrofloresta

A partir dos anos 2000, os SAF's passaram a ser fomentados no Brasil, com a finalidade de conciliar o desenvolvimento econômico com estratégias de redução da pobreza e conservação ambiental. Devido ao grande potencial de gerar renda e emprego este sistema tem ganhado grande destaque por grupos de ambientalistas, redes de ONGs e organizações da agricultura familiar (PORRO, 2011), sendo que em 2006 cerca de 28% das áreas brasileiras estavam ocupadas por SAF's (SAQUET, 2008). O fomento destes sistemas no Brasil veio através de programas e políticas públicas que incentivam o desenvolvimento agroflorestal. Essas políticas podem ser divididas de três formas diferentes (PORRO, 2011).

Dentre estes programas tem-se o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), instituído pela Lei n.º 10.696/2003, com objetivos de incentivar a agricultura familiar por meio da compra de alimentos inteiramente dos produtores e incrementar os estoques de alimentos locais do governo federal (PORRO, 2011). O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), não é direcionado a SAF's, porém foi mencionado por causar impacto direto no desenvolvimento das mesmas. Este programa tem o objetivo de incentivar a compra de ao menos 30% dos alimentos utilizados na merenda de escolas públicas (municipais e estaduais) diretamente de agricultores familiares, sem intermediários ou editais complexos (MDA, 2011a).

O PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) proporciona aos agricultores familiares empréstimos a juros baixos que alteram conforme o tamanho do empréstimo e do tipo de atividade. Os financiamentos são destinados a investimentos e custeio de cultura agrícola e linhas crédito específicas para Agroecologia e Florestas (SAF's, extrativismo, manejo florestal sustentável e conservação) (MDA, 2011b).

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um programa de Bolsa Floresta, patrocinado pelo Estado do Amazonas, beneficia quase 8.000 famílias em Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RESEX e RDS, respectivamente). Outra política que se destacou foi a Bolsa Verde, desenvolvida pelo governo do estado de Minas Gerais com o objetivo de pagar agricultores pela preservação ou recuperação da vegetação nativa, até mesmo com sistemas agroflorestais (MÉIER 2011). O benefício é concedido aos chefes de família, que devem comprometer-se a cumprir as exigências sobre o uso do solo, pautadas nos planos de manejo, até mesmo definindo a área que pode ser transformada para atividades agrícolas a cada ano (GOB, 2011).

### 2.3 Qualidade do solo e indicadores de qualidade do solo

No solo há diferentes tipos de relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos que manipulam os mecanismos e os aspectos ligados à sua variação no tempo e no espaço. Desta forma, todo tipo de mudança no

solo pode modificar diretamente sua estrutura e sua atividade biológica e, afetando sua fertilidade, com reflexos nos agroecossistemas, podendo promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas (BROOKES, 1995).

A qualidade do solo pode ser definida como capacidade de exercer funções em um ecossistema, como suportar plantas e animais, resistir à erosão e diminuir impactos negativos integrados aos recursos água e ar (DORAN; PARKIN, 1994). Ter conhecimento sobre isto é muito importante, pois contribui para a utilização de técnicas de manejo adequadas para qualquer sistema de produção (SANS, 2000; TÓTOLA; CHAER, 2002).

A qualidade do solo pode ser determinada através de uma série de atributos ou indicadores. Estes indicadores são determinantes para promover a conservação e melhorar as condições do solo, diagnosticar práticas e técnicas de manejo de solo, relacionar a qualidade do solo com outros meios, coletar informações indispensáveis para averiguar possíveis mudanças na qualidade do solo e definir as condições de manejo (SANTANA; BAHIA FILHO, 1998). Goedert (2005) diz em seu estudo que os indicadores mais utilizados para definir a qualidade do solo para produção de alimentos são:

- a) Atributos de natureza física: densidade do solo, porosidade total, resistência mecânica a penetração, grau de floclulação, estabilidade de agregados, proporção entre macro e microporos, curva de retenção de água e características da infiltração da água no solo;
- b) Atributos de natureza química: teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, balanço de nutrientes e capacidade de adsorção de íons fosfato estimada frequentemente pela determinação do fósforo remanescente;
- c) Atributos de natureza biológica: carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, atividade enzimática e diversidade microbiana.

Esses diversos mecanismos de avaliação da qualidade do solo podem ser utilizados para averiguar quais benefícios as agroflorestas podem oferecer aos produtores em relação a sua área de abrangência. Em estudo realizado por Boley (2009) com relação aos indicadores químicos, o mesmo observou que a fertilidade do solo aumentou em sistemas agroflorestais. Menezes et al.

(2008) verificou que o pH e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  são mais altos em sistemas agroflorestais comparados à solos de florestas remanescentes adjacentes. E os teores de matéria orgânica, P e K no solo não diferem nos dois sistemas, indicando que os sistemas agroflorestais conservam algumas propriedades químicas do solo com valores similares.

Os SAFs podem proporcionar maiores retornos ao produtor (SALGADO et al., 2006). Além de promover a recuperação de áreas degradadas, em razão da maior dinâmica do carbono orgânico, da disponibilização de nutrientes no solo (FAVERO et al., 2008) e proporcionar a manutenção da biodiversidade (SOUZA et al., 2012).

Os sistemas agroflorestais tendem a proporcionar um aumento da população microbiana do solo, que atua como agente de transformação da matéria orgânica e como reservatório de nutrientes, contendo, em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981).

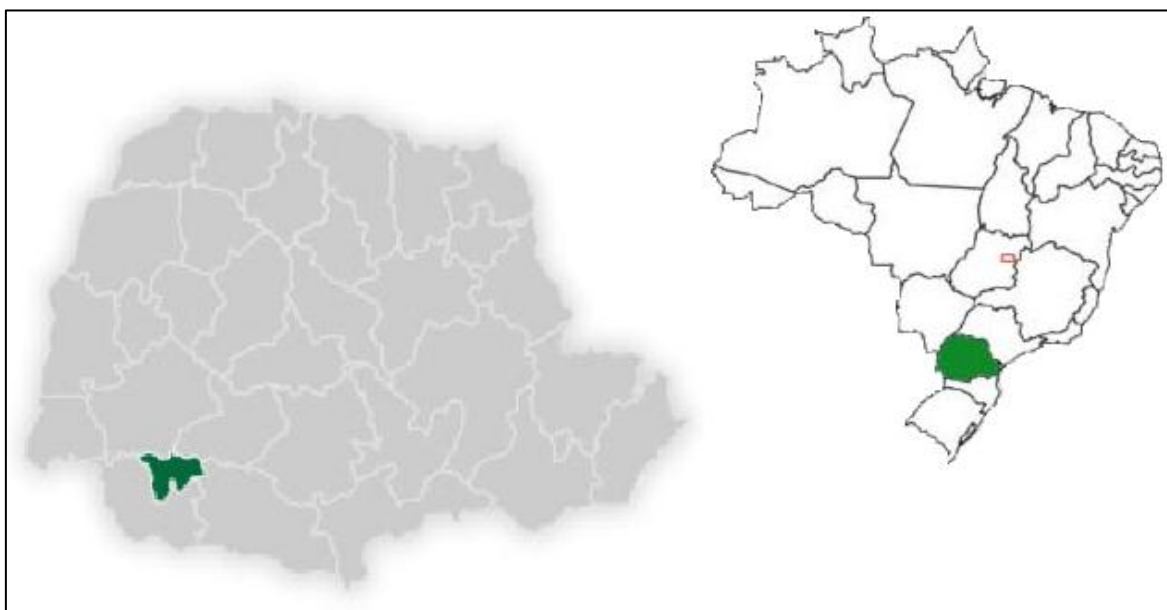
Lima et al. (2007) com o objetivo quantificar os teores de nutrientes da serapilheira e da camada superficial do solo (0 a 10 cm), em áreas manejadas com sistema agroflorestal e agricultura de corte e queima no município de Esperantina, norte do Piauí, verificou que os maiores teores de N, P, K e Ca foram obtidos no SAF, o que indica melhoria na qualidade do solo, evidenciando a eficiência deste sistema como alternativa de manejo para o norte do estado do Piauí.

Campanha et al. (2007) verificaram que o sistema agroflorestal com cafeeiros produziu maior quantidade de serapilheira que os cafeeiros em monocultura, devido à presença do componente arbóreo e à maior idade dos cafeeiros e também que o sistema agroflorestal se mostrou o melhor armazenador de água no solo na camada mais profunda (20-40 cm), em comparação com o cultivo a pleno sol e teve maior aporte de nutrientes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Condições experimentais

O estudo foi realizado na Agrofloresta da fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos (25°41'50" S; 53°05'41" W; altitude 529 m) (Figura 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, caracteriza-se como subtropical úmido, tipo Cfa, isto é, sem estação seca definida e com temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C (ÁLVARES et al., 2013). O solo do local de estudo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (CABREIRA, 2015).



**Figura 1** - Localização de Dois Vizinhos – PR  
Fonte: adaptada Google imagens, 2017.

O sistema agroflorestal estudado foi implantado em outubro de 2010 em uma área (com extensão de 1.600 m<sup>2</sup>) que era cultivada com Rami (*Boehmeria nivea*) para a alimentação de coelhos.

Para implantação da agrofloresta, elaborou-se um módulo composto por uma espécie madeireira protagonista, quatro espécies frutíferas, outras quatro espécies madeireiras, culturas agrícolas anuais, adubos verdes e olerícolas. O plantio foi realizado com oito linhas de plantas e espaçamento de

4,0 m entre linhas. Foram realizadas seis repetições do módulo para ocupar toda a área. Considerou-se a estratificação de uma floresta natural como ponto de partida para elaboração do módulo a compor o sistema.

O primeiro estrato apresentava espécies com até 4 metros de altura, o segundo estrato com espécies de até 7 metros de altura e o terceiro com plantas acima de 7 metros de altura. No primeiro ano as espécies que não sobreviveram foram replantadas.

No final de julho de 2013 devido à ocorrência de fortes geadas, no local de estudo, as quais mataram grande parte das espécies ainda existentes na área da agrofloresta (Figura 2A), restando apenas 44 mudas (seis nogueiras-pecã, três araucárias, quatro pereiras, um fumeiro-bravo e 30 bananeiras que posteriormente rebrotaram).

Por isso, em agosto de 2013, realizou-se a introdução de 260 mudas de espécies nativas e exóticas. O espaçamento utilizado entre mudas foi de 1,8 m, compondo na linha de plantio (já definida no plantio de 2010) a seguinte sequência de plantas: uma espécie de grande porte final, seguida de uma espécie de pequeno porte final, uma espécie de médio porte final e uma espécie de pequeno porte final. Em outubro de 2013 também foi realizado o plantio de mais 23 bananeiras, devido ao elevado crescimento e aporte de biomassa.

Assim, para este experimento de avaliação dos atributos de solo da agrofloresta, foi considerada a data de implantação em agosto de 2013. Ao final da avaliação do experimento (início de 2016), a agrofloresta era composta por 288 indivíduos de 40 espécies (APÊNDICE 1, APÊNDICE 2, APÊNDICE 3 e APÊNDICE 4), tendo índice de diversidade de Shannon = 3,29; e índice de dominância de Simpson = 0,06. As bananeiras dominavam grande parte do dossel da agrofloresta, pois as 53 bananeiras tinham 289 pseudocaulos com média de 3,5 m de altura (Figura 2B).

Para o manejo da agrofloresta foram realizadas capinas e roçadas manuais nas linhas e mecânicas nas entrelinhas, três vezes por ano. Além disso, as árvores eram submetidas a desrama dos galhos mais baixos, e as bananeiras eram submetidas a corte dos pseudocaulos após a frutificação e retirada dos cachos (de dezembro de 2014 a dezembro de 2015, em nove



colheitas, a produção foi de 119 cachos e 1.639 kg de banana, descontado peso da ráquis).



**Figura 2** – A) Foto da agrofloresta, em agosto de 2013, após fortes geadas ocorridas na área. (B) Foto aérea da agrofloresta tirada com uso de Drone, em março de 2016 (B). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Estas podas geravam abertura do dossel e entrada de luminosidade para proporcionar crescimento das árvores menores e também a incorporação de biomassa (Figura 3).



**Figura 3** - Manejo das bananeiras na agrofloresta para incorporação de biomassa ao solo. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

### 3.2 Amostragem e análises de solo

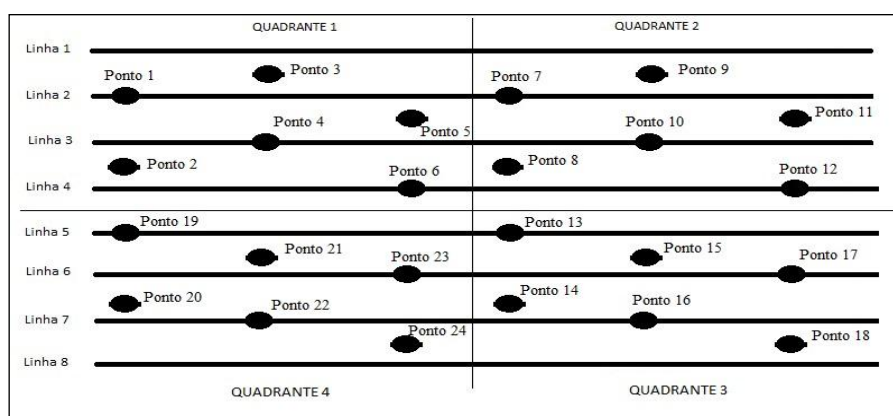
Foram coletadas amostras de solo e instaladas armadilhas para amostragem da fauna epiedáfica em seis áreas (tratamentos), sendo: quatro quadrantes da agrofloresta, para obter maior representatividade; uma área de mata secundária em estágio avançado de sucessão; e, uma área em sistema

de integração lavoura-pecuária (ILP), com 10 anos de implantação. Estas áreas de mata e de ILP localizadas próximas (menos de 500 m) da agrofloresta.

A área de mata corresponde ao estágio de regeneração inicial e médio de Floresta Estacional Semidecidual em transição para Floresta Ombrófila Mista (ecótono). Essa área nativa possui uma altitude média de 525 m (JUNG et al., 2012).

O ILP foi implantado no ano de 2010, em área de pastagem. O preparo do solo utilizado foi preparo mínimo, com subsolagem feita com duas hastes do subsolador até 60 cm de profundidade. As mudas de eucalipto foram plantadas em espaçamento de 2 m x 3 m entre as linhas, sendo duplas linhas com 15 m entre elas. Foi realizada adubação com NPK apenas na cova, antecedendo o plantio.

As coletas foram realizadas em dois anos, 2013 e 2015, ambas no mês de novembro, em seis pontos de coleta (pseudorepetições) em cada área. Na agrofloresta, subdividida em quatro quadrantes, os pontos de amostragem eram realizados em três pontos sobre as linhas de plantio e três pontos nas entrelinhas, em cada quadrante (Figura 4). Nas áreas de mata e de ILP, a amostragem foi realizada em seis pontos, distantes 10 m entre si e dispostos em ziguezague na área.



**Figura 4** - Esquema de amostragem de solo na agrofloresta, subdividida em quatro quadrantes. Os círculos pretos representam os pontos de amostragem, com os respectivos números, e as linhas representam as linhas de plantio das árvores. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

O solo foi coletado com uma pá de corte e estratificado nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Em seguida foi seco em estufa, moído e passado em peneira de malha 2,0 mm. As análises foram realizadas no Laboratório de

análise de solos da UTFPR, Câmpus Pato Branco. Para as determinações utilizou-se a metodologia de Tedesco et al. (1995), sendo definidos: pH em  $\text{CaCl}_2$  (1:1,25);  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Al}^{+3}$  trocáveis (extraídos com  $\text{KCl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ) em espectrofotômetro de absorção atômica ( $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) e titulometria ( $\text{Al}^{+3}$ ); P e K disponíveis, extraídos com solução de Mehlich<sup>-1</sup> e determinados em espectrofotômetro UV-Visível e fotômetro de chama, respectivamente; e carbono orgânico extraído por combustão úmida e efetuada leitura por titulometria. A partir das determinações foi possível estimar: matéria orgânica do solo (MOS), CTC pH 7, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%).

Para a realização das análises físicas o solo foi coletado nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, utilizando-se anéis volumétricos de 84,83  $\text{cm}^3$  com 3 cm de altura. Também foi realizada avaliação da resistência do solo à penetração, utilizando para isto um penetrômetro digital, até profundidade de 50 cm. Para apresentação, os resultados foram subdivididos nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 e 45-50 cm.

Avaliou-se a densidade, porosidade total, macroporosidade microporosidade seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1979). Os anéis e foram posicionados nas profundidades medianas entre os limites de cada amostra.

As amostras indeformadas foram preparadas com um estilete, retirando o excesso de solo, e com atilhos (conjunto de pano de voal e elástico de borracha) para acomodação em bandeja. Após todas as coletas realizadas, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos da UTFPR-DV e durante 48 horas as amostras foram saturadas com água e pesadas obtendo-se assim o peso saturado de cada amostra ( $P_{\text{sat}}$ ).

Em seguida, foram acomodadas na mesa de tensão e deixadas por 48 horas sob uma tensão de 0,6 m de coluna de água. Quando retiradas da mesa de tensão as amostras foram pesadas, obtendo-se o peso pós mesa de tensão ( $P_{\text{mt}}$ ) e o peso dos atilhos. Subtraindo o peso saturado da amostra com o peso pós mesa de tensão ( $P_{\text{mt}}$  adicionado à diferença entre os atilhos úmidos e os atilhos molhados [1,8g]) obteve-se o volume de água drenada após as amostras serem submetidas a uma mesa de tensão de 0,6 m de coluna de água livre em cada amostra ( $V_{\text{ad}}$ ).

As amostras foram transferidas para latas de secagem previamente pesadas e identificadas e levadas a estufa de circulação de ar forçada em temperatura de 105°C. Depois de 48 horas as amostras foram retiradas da estufa e pesadas obtendo-se assim o peso seco da amostra (Pseco). Os anéis de coleta foram lavados e pesados. Por fim, os anéis foram medidos com paquímetro para cálculo do volume individuais (Vol).

Os valores de densidade aparente de cada amostra foram calculados pela equação:

$$Ds = \frac{Pseco}{Vol}$$

Onde:

Ds = densidade aparente do solo (g.cm<sup>-3</sup>)

Pseco = peso da amostra seca a 105°C (g).

Vol = volume do anel (cm<sup>3</sup>).

A porosidade total foi calculada utilizando:

$$Porosidade\ total = \frac{Vad}{Vol}$$

Onde:

Vad = volume da água drenada evaporada após amostra ser submetida a uma tensão de 0,6 m de coluna de água e seca em estufa a 105 °C (cm<sup>3</sup>).

Vol = volume do anel (cm<sup>3</sup>).

Utilizou-se para os cálculos de microporosidade das amostras:

$$Microporosidade = \frac{(Pmt - Pseco)}{Vol}$$

Onde:

Pmt = peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 0,6 m de coluna de água (g).

Pseco = peso da amostra seca a 105 °C (g).

Vol = volume do anel (cm<sup>3</sup>).

Esses valores foram utilizados por meio de subtração simples da porosidade total pela microporosidade para determinação da macroporosidade para cada uso do solo e profundidade.

Para a amostragem da fauna epiedáfica, ou seja, os representantes da meso e macrofauna com comportamento ecológico epigéico (BIGNEL et al., 2010) foi utilizado o método das armadilhas de queda (*Pitfall-traps*). As armadilhas com diâmetro de 12 cm foram confeccionadas com frascos plásticos e enterradas ao nível do solo, contendo solução conservante de formol a 4% para matar e conservar os animais capturados. As armadilhas foram cobertas com uma estrutura composta por pratos plásticos e palitos de churrasco, a uma distância mínima de 2,5 cm acima do substrato, para impedir a entrada de água da chuva e, conseqüentemente, o transbordo da solução conservante e a diluição, os quais comprometeriam a qualidade das amostras.

As armadilhas foram identificadas (tratamento e repetição) e permaneceram durante sete dias ao lado de cada ponto de amostragem do solo, utilizados para as análises químicas e físicas. Após esse período, as armadilhas foram removidas do campo e levadas ao laboratório onde o conteúdo foi vertido em peneira de malha fina (155 mesh). Os espécimes capturados foram acondicionados em frascos contendo solução de álcool 70% e posteriormente identificados com o auxílio de microscópio estereoscópico (40 x), baseados em chaves dicotômicas de classificação e consulta a materiais bibliográficos (GALLO et al., 2002; TRILPEHORN; JOHNSON, 2011). A classificação dos organismos foi realizada em nível taxonômico de ordem ou família, de acordo com a funcionalidade e importância do grupo.

Foram determinados a Densidade (número de indivíduo por m<sup>2</sup>), Riqueza (riqueza de grupos encontrados), Frequência relativa (% de unidades de amostragem em relação ao número total amostrado), classificação por categoria de Abundância (< 2% - raros; 2-10% - ocasionais; 10-50% - abundantes e > 50% - dominantes), índice de diversidade de Shannon, o índice de equitabilidade ou uniformidade, que se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos obtido por meio da equação:  $e = H / \log N$ , onde H = Índice de Shannon; N = Número total de espécies ou grupos na comunidade. Esse índice varia entre 0 (equitabilidade mínima) e 1 (equitabilidade máxima).

Para avaliação da atividade microbiana do solo foi determinada a mineralização do C-CO<sub>2</sub>. A coleta de solo na camada de 0-5 cm, sendo as amostras identificadas e armazenadas em ambiente refrigerado para não interferir na atividade microbiana do solo. A umidade das amostras de solo foi previamente padronizada com a adição de água destilada.

A atividade microbiana do solo foi avaliada por meio da técnica de respirometria, que consiste em pesar, em duplicata, 50 gramas de solo e acondicionar em frasco de vidro hermeticamente fechado, tendo em seu interior um recipiente com 10 ml de NaOH 0,5 mol.L<sup>-1</sup>. O C-CO<sub>2</sub> emitido pela respiração microbiana do solo foi capturado pelo NaOH, sendo adicionado 1 mL de BaCl<sub>2</sub> 1,0 mol.L<sup>-1</sup> e três gotas de fenolftaleína e o excesso da base titulada com HCl 0,5 mol.L<sup>-1</sup> (ÖHLINGER, 1993).

A coleta das amostras de NaOH e as leituras de C-CO<sub>2</sub> foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias de incubação. As amostras receberam BaCl<sub>2</sub> 1,5 mol L<sup>-1</sup> e indicador fenolftaleína e foram tituladas com solução padronizada de HCl. Os dados obtidos foram ajustados ao modelo exponencial, de cinética de primeira ordem, proposto por Stanford e Smith (1972).

### 3.3 Análise dos dados

A análise do experimento foi realizada considerando o modelo matemático do delineamento inteiramente casualizado, devido ao uso de pseudorrepetições de cada tratamento, localizadas em áreas distintas (FERREIRA et al., 2012). Os dados foram submetidos aos testes de Bartlett e de Lilliefors, para verificar o ajuste aos pressupostos de homogeneidade da variância e de normalidade, respectivamente.

Quando necessário ajuste dos dados aos pressupostos, os dados foram transformados às escalas logarítmica, raiz quadrada, inverso ou arco seno. Após esta verificação, os dados foram submetidos à Análise de Variância, seguida de comparação de médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott, usando o programa 'Assistat' v. 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Para verificar se existia diferenças entre os anos de coleta (2013 e 2015), para os dados originais de cada um dos caracteres de solo, foi aplicado

o teste pareado de Wilcoxon (com o valor de p exato) que compara as medianas (quando os dados não foram paramétricos), ou o teste t pareado que compara as médias (quando os dados foram paramétricos), com auxílio do programa 'Past' v.2.17c (HAMMER et al., 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atributos químicos do solo

A análise dos atributos químicos do solo no ano de 2013 mostrou que o teor de P disponível apresentou maiores valores nos quadrantes Q1, Q2, Q3 e Q4 e na camada de 0-5 para o ILP (Tabela 1). Já na camada de 5-10 e 10-20, o maior teor de P disponível foi encontrado no Q1, com 171,5 e 158,2 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabela 1). Os altos teores de P observados podem ter relação com o histórico da área, a qual, antes da implantação da SAF era uma área de cultivo de *Boehmeria nivea* (rami), utilizada na alimentação de coelhos. Essa cultura recebia calagens e frequente adubação orgânica. Além disso, para a implantação da agrofloresta foi efetuado o revolvimento do solo e adubação, o que explica o alto teor de P em profundidade.

O aumento dos valores de pH resultado do uso de corretivos na agricultura contribui para o aumento da disponibilidade de P e, conseqüentemente, para a eficiência dos fertilizantes fosfatados (SOUSA et al., 2004). Segundo Camargo et al. (2010) o aumento do pH do solo resultante da calagem aumentou nos teores de P, isso por que ocorre a precipitação do Al e do Fe da solução reduzindo a adsorção dos íons fosfato presentes. Ou seja, o aumento do pH torna as cargas superficiais das partículas do solo mais negativas, diminuindo o potencial eletrostático do plano de adsorção (HAYNES, 1984; BARROW, 1985).

Da mesma forma, o manejo utilizado na área antes da introdução da agrofloresta impulsionou para que os teores de K disponível, Ca trocável e CTC apresentassem maiores teores para a agrofloresta, em todas as camadas avaliadas, comparando aos dados obtidos para mata e ILP (Tabela 1).

O pH variou de 5,4 a 5,8 no SAF, mantendo-se próximo ou mesmo dentro da faixa ideal de 5,5 (KÂMPF, 2000) quando comparado aos demais Sistemas de Manejo (Tabela 1), indicando que o solo não apresenta-se ácido. Ou seja, não necessita de correções e não apresenta Al<sup>+3</sup> trocável, já que este só aparece em pH abaixo de 5,5. Já na mata e na ILP os valores de pH



demonstraram-se abaixo de 5,5, indicando solos ácidos, com presença de Al+3 trocável.

**Tabela 1** - Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm no ano de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Camada 0-5 cm										
Área	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sup>1</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	pH <sup>1</sup>	Al <sup>2</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>3</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V(%) <sup>2</sup>	CTC (%)
Q1	44,4 c	126,1 a	349,9 b	5,8 a	0,0 b	9,6 a	3,6 <sup>ns</sup>	14,1 a	83,2 a	16,9 a
Q2	53,8 c	85,1 a	389,7 b	5,8 a	0,0 b	9,7 a	3,7	14,5 a	85,4 a	16,9 a
Q3	62,8 b	33,0 a	548,1 a	5,6 a	0,0 b	8,9 a	2,6	13,0 a	82,7 a	15,7 a
Q4	46,2 c	60,1 a	500,5 a	5,7 a	0,0 b	9,3 a	3,0	13,6 a	83,4 a	16,3 a
M	77,9 a	3,6 b	131,0 c	5,1 b	0,1 a	9,8 a	2,0	12,2 a	74,1 b	16,3 a
ILP	52,7 c	106,9 a	198,1 c	4,6 c	0,2 a	4,6 b	2,2	7,3 b	63,2 c	11,5 b
CV (%)	14,6	31,4	28,2	3,1	5,9	21,8	41,8	15,6	4,3	11,1
Camada 5-10 cm										
Área	M.O.	P <sup>1</sup>	K	pH <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup>	Ca	Mg <sup>2</sup>	SB <sup>2</sup>	V(%) <sup>3</sup>	CTC
Q1	37,5 b	171,5 a	378,6 a	5,8 a	0,0 b	9,3 a	3,5 <sup>ns</sup>	13,8 a	82,4 a	16,8 a
Q2	46,0 b	71,2 b	321,3 a	5,7 a	0,0 b	10,3 a	2,6	13,7 a	83,3 a	16,4 a
Q3	49,6 b	26,4 b	452,3 a	5,4 a	0,0 b	8,7 a	2,3	12,1 a	79,3 a	15,3 a
Q4	42,9 b	37,8 b	387,8 a	5,6 a	0,0 b	9,2 a	2,8	13,0 a	82,1 a	15,8 a
M	62,3 a	1,8 c	83,4 b	4,6 b	0,2 a	5,5 b	2,4	8,1 b	59,0 b	13,5 b
ILP	43,8 b	14,2 b	95,8 b	4,5 b	0,2 a	4,0 b	2,1	6,4 c	59,2 b	10,7 c
CV (%)	16,0	31,8	24,3	2,7	5,9	18,2	18,8	7,6	15,4	7,8
Camada 10-20 cm										
Área	M.O.	P <sup>4</sup>	K	pH <sup>2</sup>	Al <sup>1</sup>	Ca	Mg	SB	V(%) <sup>2</sup>	CTC
Q1	36,4 <sup>ns</sup>	158,2 a	290,0 a	5,8 a	0,0 b	10,5 a	4,1 a	15,3 a	84,2 a	18,1 a
Q2	47,8	81,3 b	267,8 a	5,6 a	0,0 b	8,8 b	2,4 b	11,9 b	80,8 a	14,5 b
Q3	41,8	19,4 c	332,4 a	5,4 a	0,0 b	8,5 b	2,5 b	11,8 b	79,2 a	14,9 b
Q4	40,9	20,9 c	346,0 a	5,6 a	0,0 b	9,1 b	2,7 b	12,7 b	82,4 a	15,4 b
M	52,3	1,8 d	57,4 b	4,4 b	0,4 a	4,4 c	1,7 c	6,3 c	51,0 b	12,4 c
ILP	41,1	9,4 c	80,8 b	4,5 b	0,2 a	3,8 c	2,1 c	6,0 c	56,8 b	10,6 d
CV (%)	23,4	50,1	24,8	3,0	8,0	16,9	18,9	14,0	4,4	9,7

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>: Dados transformados à escala logarítmica; <sup>2</sup>: Dados transformados à escala raiz quadrada; <sup>3</sup>: Dados transformados à escala inversa ( $1/x$ ); <sup>4</sup>: Dados transformados à escala arco seno.

O manejo do solo om calagem, fornecendo principalmente Ca e Mg eleva o pH do solo, promovendo aumento da CTC efetiva, aumentando a disponibilidade dos principais nutrientes, reduzindo atividade de Al e Mn tóxicos no solo e reduzindo a lixiviação de bases. Fatores esses que proporcionam condições favoráveis ao crescimento radicular e nutrição das plantas (CAIRES et al., 2006). Além disso, a calagem melhora a estrutura do solo (PRADO,

2003), favorecendo a atividade microbiana (SOUTO et al., 2008) e melhorando a capacidade do solo em reter nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação. Isso resulta na otimização do solo em fornecer nutrientes para a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas plantas (SOUSA et al., 2007). Fatos esses que podem explicar a relação do histórico de manejo da área do SAF com os resultados observados para os altos teores de nutrientes.

O maior efeito da calagem superficial na camada de 0-10 cm é amplamente discutido na bibliografia (CAIRES et al., 2004; CIOTTA et al., 2004; CORRÊA et al., 2009). Principalmente em SPD, ao longo do tempo, tem sido observado um efeito da calagem nos atributos químicos e físicos do solo na camadas superficiais (CAIRES et al., 2000; SILVA et al., 2007).

Já para maiores profundidades alguns mecanismos são citados para explicar o efeito do calcário no solo em SPD, como a formação e migração de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  (OLIVEIRA; PAVAN, 1996), o deslocamento de partículas de calcário através de canais formados por raízes mortas e canais de insetos (PAVAN, 1994; GASSEN; KOCHHANN, 1998) e a formação de pares iônicos do cálcio e do magnésio com ácidos orgânicos hidrossolúveis presentes nos resíduos das plantas (MIYAZAWA et al., 2002). Isso por que, assim como nos SAF's, no SPD não é utilizado o revolvimento do solo, garantindo a manutenção de uma cobertura mínima do solo e mantendo a estrutura formada pelos microrganismos e raízes.

Para o ano de 2015, a análise dos atributos químicos do solo mostrou que a MOS na camada de 0-5 foi maior para a mata, resultado do tempo de decomposição e acúmulo da serapilheira, não diferindo estatisticamente do Q2 da agrofloresta, que também mostrou grande acúmulo de MO (Tabela 2).

Na profundidade de 5-10 novamente a mata mostrou superioridade no acúmulo de MO não diferindo estatisticamente entre o Q1 e Q2 da agrofloresta (Tabela 2). Nesses quadrantes a diversidade de espécies é maior e o aporte de tecidos vegetal pode ter ocorrido com maior intensidade comparado aos demais quadrantes.

Mudanças nos teores de matéria orgânica do solo são relativamente lentas, precisando de um longo período para expressar efeitos como qualidade do solo (PRAUDEL et al., 2012). O que explica um maior acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo de mata.

Áreas de mata geralmente tem maior teor de C em relação a outros tipos de uso devido ao maior aporte de biomassa, principalmente pela parte aérea. Além disso, nos sistemas cultivados, o revolvimento do solo favorece a decomposição da MOS, reduzindo seus níveis. Essa variação ocorre mais na superfície porque a maior deposição de biomassa ocorre em superfície.

Já na profundidade de 10-20 a agrofloresta e a mata não diferiram estatisticamente (Tabela 2), isso porque ambas possuem árvores com sistema radicular bem desenvolvido o que pode ter contribuído para o deslocamento da MO em profundidade, embora em baixos níveis comparando com as camadas superiores.

As árvores potencializam a incorporação de matéria orgânica no solo, a qual proporciona outros benefícios que influenciam diretamente na boa estrutura do solo, entre eles manutenção de adequada macroporosidade e aumento da vida e atividade biológica que decompõe e transportam a matéria orgânica (PRIMAVESI, 2002; CADISH et al., 2006). Podendo ser o motivo pelo qual os quadrantes Q1 e Q2 se igualaram as teores de MO da mata nativa.

Quanto aos valores de P disponível, K disponível, Ca trocável, V(%) e CTC observados no ano de 2015, os mesmos foram mais elevados nos quadrantes da agrofloresta em todas as camadas avaliadas, com exceção de 5-10 cm onde o K disponível e a CTC não diferiram estatisticamente da mata e do ILP (Tabela 2). Afirmando que apesar do tempo e da troca de manejo da área, a utilização do calcário e as adubações constantes realizadas no sistema anterior a agrofloresta, ainda apresentam efeito residual no solo.

O efeito residual do calcário persiste por vários anos de cultivo com culturas anuais ou forrageiras (RAIJ et al., 1977). Práticas conservacionistas poderão também favorecer maior efeito residual do calcário, como pode ser observado até seis anos após a incorporação do corretivo.

O efeito da calagem nos atributos do solo também foi observado por Caires et al. (2000) e Silva et al. (2007), indicando que a percolação do calcário SPD está relacionada com o tempo, sendo encontrados incrementos no pH e V % após 12 meses na camada de 0-10 cm, e após 24 meses na camada de 10-20 cm. Caires et al. (2000) observou aumentos significativos no pH e V % até 60 cm de profundidade em 5 anos. Essas respostas reforçam o efeito do tempo

residual da calagem nas condições químicas do solo, o que coincide com os resultados que vem sendo observado no SAF do presente trabalho.

**Tabela 2** - Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm no ano de 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Camada 0-5 cm										
Área	M.O. <sup>1</sup> g dm <sup>-3</sup>	P <sup>2</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>2</sup> mg dm <sup>-3</sup>	pH	Al <sup>3</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>2</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>1</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB <sup>1</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V(% <sup>4</sup> )	CTC(% <sup>1</sup> )
Q1	46,7 b	99,9 a	345,4 a	5,7 a	0,0 b	8,7 a	2,8 <sup>ns</sup>	12,3 a	78,5 a	15,7 b
Q2	58,1 a	89,6 a	545,1 a	6,0 a	0,0 b	8,3 a	4,1	13,6 a	82,5 a	16,4 b
Q3	48,2 b	28,2 b	469,2 a	5,4 a	0,0 b	7,4 a	2,5	11,1 a	74,2 a	14,9 b
Q4	41,3 b	40,6 a	387,1 a	5,6 a	0,0 b	8,9 a	2,5	12,4 a	78,5 a	15,8 b
M	79,7 a	4,9 c	245,7 b	4,8 b	0,1 a	10,2 a	4,6	15,5 a	72,5 a	21,0 a
ILP	41,5 b	19,4 b	280,5 b	4,8 b	0,1 a	4,9 b	4,0	9,6 b	64,8 b	14,5 b
CV (%)	17,4	20,0	7,6	6,6	1,7	11,1	33,7	17,2	3,8	10,8
Camada 5-10 cm										
Área	M.O. <sup>1</sup>	P <sup>3</sup>	K <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>	Al <sup>3</sup>	Ca	Mg <sup>3</sup>	SB	V(% <sup>2</sup> )	CTC
Q1	41,3 a	117,5 a	225,5 <sup>ns</sup>	5,7 a	0,0 b	9,0 a	2,6 <sup>ns</sup>	12,2 a	78,0 a	15,6 <sup>ns</sup>
Q2	44,2 a	76,1 b	380,9	5,9 a	0,0 b	8,1 a	3,6	12,7 a	79,1 a	16,0
Q3	37,1 b	14,8 c	353,2	5,3 a	0,0 b	7,2 a	2,3	10,4 a	72,3 a	14,4
Q4	34,9 b	36,9 b	254,2	5,5 a	0,0 b	9,1 a	2,2	11,9 a	76,0 a	15,7
M	50,7 a	1,2 c	126,4	4,4 b	0,4 a	5,5 b	2,8	8,6 b	55,6 b	15,2
ILP	29,3 c	8,2 c	232,0	4,3 b	0,2 a	4,0 b	3,0	7,5 b	55,8 b	13,1
CV (%)	10,9	48,5	10,7	4,2	6,3	23,4	17,5	21,3	3,6	11,9
Camada 10-20 cm										
Área	M.O.	P <sup>4</sup>	K <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>	Al <sup>2</sup>	Ca <sup>3</sup>	Mg <sup>3</sup>	SB <sup>3</sup>	V(% <sup>3</sup> )	CTC
Q1	37,1 a	89,8 a	160,3 b	5,5 a	0,0 c	8,6 a	2,6 a	11,6 a	75,3 a	15,4 a
Q2	36,4 a	74,6 a	316,7 a	5,8 a	0,0 c	7,9 a	3,6 a	12,3 a	78,7 a	15,5 a
Q3	34,0 a	17,3 b	265,2 a	5,3 a	0,0 c	7,6 a	2,2 b	10,5 a	73,6 a	14,2 a
Q4	34,4 a	19,7 b	180,5 b	5,5 a	0,0 c	9,3 a	2,1 b	11,8 a	75,7 a	15,6 a
M	36,6 a	0,8 c	84,1 c	4,2 b	0,8 a	3,6 b	2,8 a	6,6 b	48,4 b	13,1 b
ILP	26,1 b	4,0 c	154,4 b	4,3 b	0,3 b	3,3 b	1,7 b	5,4 b	50,8 b	10,7 c
CV (%)	17,6	60,5	12,2	3,0	13,2	12,8	15,3	10,0	7,1	10,0

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>: Dados transformados à escala inversa (1/x); <sup>2</sup>: Dados transformados à escala logarítmica; <sup>3</sup>: Dados transformados à escala raiz quadrada; <sup>4</sup>: Dados transformados à escala arco seno.

Nas três profundidades avaliadas o pH variou de 5,3 a 6,0 no sistema agroflorestral, mantendo-se próximo ou mesmo dentro da faixa ideal de 5,5 (KÂMPF, 2000) quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 2), não necessita de correções do pH do solo e não apresenta Al<sup>3+</sup> trocável. Assim, a SB e o V% indicaram melhores valores para agrofloresta (Tabela 2), mostrando que o solo apresenta grandes quantidades de cátions, como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>, e

V% entre 50 e 80% desejável para obter valores de produtividade mais elevados para muitas culturas (RONQUIM, 2010).

Comparando os dados obtidos em 2013 com os obtidos em 2015 pode-se verificar que grande parte das variáveis mantiveram-se iguais (Tabela 3), não apresentando diferenças significativas. Com exceção do índice de saturação de bases que foi significativo nas três camadas avaliadas para os quadrantes da agrofloresta, sendo que no ano de 2013 foi superior em todas as variáveis (Tabela 3). Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , saturando as cargas negativas dos coloides e que a maioria delas está sendo neutralizada por  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  (EMBRAPA, 2010).

**Tabela 3** - Probabilidade do teste pareado de Wilcoxon para comparação das medianas de atributos químicos do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	M.O.	P	K	pH	Al	Ca	Mg	SB	V(%)	CTC
Camada 0-5 cm										
Q1	0,569	0,231	1,000	0,647	X	0,077	0,077	0,077	0,046*	0,169
Q2	0,477	0,455	0,323	0,231	X	0,046*	0,446	0,846	0,108	0,846
Q3	0,091	0,323	0,152	0,091	1,000	0,077	0,569	0,077	0,046*	0,323
Q4	0,200	0,108	0,569	0,754	X	0,231	0,046*	0,077	0,046*	0,262
M	1,000	0,077	0,046*	0,455	0,882	1,000	0,046*	0,169	1,000	0,077
ILP	0,108	1,000	0,446	0,108	0,231	0,846	0,046*	0,077	0,846	0,046*
Camada 5-10 cm										
Q1	0,636	0,323	0,108	0,556	X	1,000	0,077	0,152	0,046*	0,231
Q2	0,631	0,846	0,569	0,455	X	0,046*	0,046*	0,169	0,046*	0,446
Q3	0,046*	0,169	0,169	0,212	1,000	0,077	0,662	0,046*	0,046*	0,231
Q4	0,176	0,846	0,077	0,385	X	0,908	0,077	0,046*	0,046*	0,692
M	0,169	0,176	0,169	0,569	0,446	1,000	0,446	0,846	0,846	0,077
ILP	0,046*	0,138	0,169	0,354	0,846	0,446	0,692	0,846	0,569	0,169
Camada 10-20 cm										
Q1	0,908	0,046*	0,077	0,046*	X	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*
Q2	0,169	0,455	0,692	0,723	1,000	0,323	0,108	1,000	0,231	0,446
Q3	0,446	0,323	0,169	0,091	1,000	0,108	0,108	0,077	0,046*	0,231
Q4	0,212	1,000	0,077	0,600	X	0,723	0,046*	0,169	0,046*	0,569
M	0,077	0,108	0,169	0,415	0,108	0,323	0,077	0,846	0,692	0,446
ILP	0,046*	0,323	1,000	0,455	0,323	0,231	0,569	0,569	0,231	0,846

\*: Diferença entre as medianas de 2013 e 2015 são significativas quando valor de  $p \leq 0,05$ . X: não houve variação, os valores de todas as seis repetições foram iguais.

O comportamento da acidez trocável, íons  $H^+$  e  $Al^{+3}$  da fase sólida, como uma proporção da acidez potencial, varia com a natureza dos coloides do solo e o V% (COLEMAN; THOMAS, 1967; CHAO; HARWARD, 1962).

Mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações (MARIN, 2002). Ao comparar diferentes tempos de condução, maiores teores de nutrientes foram encontrados na fase inicial da sucessão, em sistemas com idade de 5 a 20 anos (SHARMA et al., 2009). Assim acredita-se que a agrofloresta não tenha causado mudanças nos atributos químicos do solo, devido ao tempo de implantação do sistema.

Iwata et al. (2012) ao avaliar sistemas agroflorestais constatou que os teores de Al trocável foram menores no sistema agroflorestral com treze anos, principalmente nas camadas superficiais, seguido do sistema agroflorestral com seis anos e da floresta nativa de Cerrado. Enquanto que os maiores valores de Al trocável foram encontrados nos solos de bovinocultura de corte e queima.

#### 4.2 Atributos físicos do solo

Analisando os atributos físicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), da área de ILP e Mata secundária (M), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm no ano de 2013, verificou-se que a macroporosidade não apresentou diferenças estatística entre os tratamentos. Todavia ambos apresentaram teores acima de 27% em todas as profundidades avaliadas (Tabela 4). Sendo que, para o solo ser fisicamente adequado ao crescimento de plantas, deve apresentar no mínimo 10 % de macroporos, para manter os níveis adequados de aeração (GRABLE; SIEMER, 1968; BAVER et al. 1972; CARTER, 1988; DREWRY et al., 2008). Com isso verifica-se que os solos estudados podem ser considerados adequados para o desenvolvimento de plantas quanto à macroporosidade.

Uma redução no volume de macroporos ocorre principalmente como efeito da compactação do solo (STONE et al., 2002), a qual pode restringe o crescimento das plantas. Isso por que, em níveis críticos de compactação, a

taxa de difusão de gases no solo é drasticamente reduzida (GRABLE; SIEMER, 1968; DREWRY et al., 2008). Assim deve-se ressaltar a importância de se avaliar a aeração adequada do solo, pois é um fator limitante e resulta em efeito direto no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, crescimento e produção das culturas em solos compactados (LETEY et al., 1962; GERIK et al., 1987; CARTER et al., 1994). Fato este não evidenciado nos diferentes tratamentos avaliados neste estudo.

Já a microporosidade apresentou médias superiores para a agrofloresta e o ILP nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm. Na camada de 10-20 cm não ocorreu diferença estatística (Tabela 4).

A macro e microporosidade do solo estão diretamente relacionadas com a compactação, teor de argila e umidade do solo (STONE; SILVEIRA, 2001). Principalmente em sistemas de cultivo onde não há o revolvimento do solo e ocorre tráfego de máquinas e animais, como SPD e ILP, há uma tendência para a diminuição da macro e aumento da microporosidade, resultado da compactação gerada nos primeiros anos de implantação. Com o passar do tempo e com adequado manejo, o solo pode se reestruturar e, por interferência do acúmulo de biomassa, aumento dos teores de MO e da atividade microbiana do solo, aumentar o volume de macroporos e reduzir a densidade gradativamente (MALAVOLTA, 2006).

Perecin e Campos (1976) afirmam que o volume de poros é dependente do teor de argila dos solos, ou seja, além do manejo, as frações que compõem o solo tem influência sobre os atributos físicos do mesmo. Ainda, algumas práticas de cultivo convencional, combinadas aos diferentes teores de argila e umidade no solo, exercem efeito compressivo sobre estrutura (OLIVEIRA et al., 2003).

Dessa forma, deve-se atribuir como vantagem dos SAF's, quanto à conservação e manutenção da qualidade física do solo, o manejo mínimo utilizado, o qual garante boa cobertura do solo e mínimos revolvimentos. A microporosidade está relacionada com a densidade do solo, a qual se manteve baixa nas três camadas avaliadas, por isso pode-se dizer que o solo apresenta condições adequadas ao desenvolvimento das plantas.

A porosidade total obteve diferenças significativas entre os tratamentos somente para a profundidade de 0-5 cm, sendo que nessa, maiores valores

foram obtidos pelos quadrantes Q1, Q2 e Q3 da agrofloresta com valores de 57,2, 57,7 e 56,6 % respectivamente (Tabela 4). Nas demais profundidades avaliadas os tratamentos não diferiram estatisticamente, porém permaneceram acima de 50%. Valor considerado ideal para o desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979).

A densidade mostrou maiores valores para a agrofloresta e para o ILP em todas as profundidades (Tabela 4). O que pode ser reflexo do manejo realizado na implantação dos sistemas, no pisoteio do gado e do manejo de roçadas realizado na agrofloresta. Mas isso não significa que, com o passar do tempo, esse resultado se manterá.

A densidade do Latossolo Vermelho de  $1,08 \text{ Mg m}^{-3}$  é aquela em que ocorre a máxima disponibilidade de água às plantas. Em densidades abaixo dessa, o excesso de macroporos acarreta pouca retenção de água e em densidades mais elevadas, há possibilidade de deficiência de aeração e resistência limitante ao crescimento das raízes (KLEIN, 2006). O que significa que os valores de densidade do solo observados podem ser considerados bons, não apresentando potencial prejudicial o desenvolvimento das plantas (Tabela 4).

Com relação à umidade do solo, não houve diferença estatística, permanecendo acima de 24% em todos os tratamentos avaliados, indiferente da profundidade (Tabela 4). Esse resultado pode ser explicado pelo maior grau de estruturação dos Latossolos, ou seja, melhor agregação e, com isso, aumento da capacidade de retenção de água dos mesmos (COUTO et al., 2016).

Segundo Malavolta (2006), o teor de umidade ideal de um solo é de 23%, o que indica que todos os tratamentos avaliados apresentam ideal retenção de umidade. Resultado esse que confirma uma boa qualidade dos solos avaliados como já visto na macro e microporosidade e na porosidade total.

O desenvolvimento radicular e a longevidade das culturas dependem de aspectos como: boa aeração, drenagem do solo e retenção de umidade; permitindo maior exploração do sistema radicular das plantas por volume de solo, possibilitando maior absorção de nutrientes (NASCIMENTO et al., 2007).



Todas estas características puderam ser observados em todos os quadrantes da agrofloresta.

**Tabela 4** - Atributos físicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Dois Vizinhos-PR, 2013. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Umidade (%)
Camada 0-5 cm					
Q1	31,8 <sup>ns</sup>	25,4 a	57,2 a	1,15 a	25,3 <sup>ns</sup>
Q2	32,6	25,1 a	57,7 a	1,16 a	27,2
Q3	31,9	24,7 a	56,6 a	1,14 a	28,8
Q4	31,6	18,1 a	49,7 b	1,06 a	26,2
M	33,6	12,8 b	46,3 b	0,65 b	29,4
ILP	28,9	22,3 a	51,3 b	1,16 a	24,5
CV(%)	18,0	18,5	13,4	13,7	12,0
Camada 5-10 cm					
Q1	33,7 <sup>ns</sup>	23,6 a	57,2 <sup>ns</sup>	1,12 a	27,6 <sup>ns</sup>
Q2	30,7	25,1 a	55,8	1,14 a	27,3
Q3	31,6	25,8 a	57,4	1,17 a	29,6
Q4	32,9	21,4 a	54,3	1,08 a	28,2
M	32,6	17,5 b	50,1	0,84 b	28,3
ILP	29,7	23,0 a	52,7	1,16 a	24,4
CV(%)	11,3	10,9	8,8	10,7	11,9
Camada 10-20 cm					
Q1	34,6 <sup>ns</sup>	24,4 <sup>ns</sup>	58,9 <sup>ns</sup>	1,13 a	28,0 <sup>ns</sup>
Q2	30,3	25,8	56,0	1,13 a	29,8
Q3	28,9	27,3	56,2	1,21 a	28,3
Q4	32,2	23,8	56,0	1,17 a	27,3
M	35,2	22,0	57,2	0,95 b	29,0
ILP	27,5	26,1	53,6	1,24 a	25,9
CV(%)	15,4	17,5	6,9	9,8	8,4

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para os atributos físicos no ano de 2015 verificou-se que a macroporosidade nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm foi melhor para a mata, já na profundidade de 5-10 cm não diferiu estatisticamente assim como a microporosidade que não obteve índices significativos estatisticamente em nenhuma profundidade (Tabela 5).

Maiores índices de densidade do solo se encontram na agrofloresta e no ILP em todas as camadas avaliadas (Tabela 5), isso pode ter ocasionado

diminuição dos macroporos. Na agrofloresta devido ao histórico da área antes da implantação do sistema, e como foram poucos anos de estudo o solo ainda não se recuperou totalmente e também devido ao trânsito de tratores para roçada.

**Tabela 5** - Atributos físicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, Dois Vizinhos-PR, 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Umidade (%)
0-5 cm					
Q1	31,4 b	25,7 <sup>ns</sup>	57,1 b	1,16 a	27,6 b
Q2	35,2 b	25,6	60,7 b	1,22 a	27,9 b
Q3	33,8 b	25,6	59,4 b	1,30 a	25,1 c
Q4	30,1 b	24,4	54,5 b	1,32 a	25,6 c
M	41,0 a	26,1	67,1 a	0,86 b	34,0 a
ILP	31,6 b	23,5	55,0 b	1,45 a	23,7 c
CV(%)	14,4	10,1	8,3	6,3	8,3
5-10 cm					
Q1	33,2 <sup>ns</sup>	25,6 <sup>ns</sup>	58,8 <sup>ns</sup>	1,27 a	26,6 <sup>ns</sup>
Q2	31,4	25,5	57,0	1,26 a	26,9
Q3	33,9	24,8	58,8	1,30 a	25,9
Q4	30,8	25,5	56,3	1,35 a	24,5
M	36,2	24,7	60,9	1,09 b	28,9
ILP	28,7	25,3	54,0	1,37 a	24,8
CV(%)	14,7	8,3	7,9	11,5	11,0
10-20 cm					
Q1	31,1 b	24,7 <sup>ns</sup>	55,7 b	1,36 a	24,5 <sup>ns</sup>
Q2	29,4 b	26,3	55,7 b	1,21 b	27,8
Q3	33,8 b	26,9	60,7 a	1,30 a	25,5
Q4	30,7 b	25,0	55,6 b	1,38 a	25,8
M	38,2 a	24,9	63,1 a	1,07 c	28,6
ILP	31,8 b	25,1	56,9 b	1,37 a	26,6
CV(%)	11,3	6,6	7,0	9,5	9,6

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Dados de densidade do solo na camada de 0-5 cm foram transformados à escala inverso ( $1/x$ ).

A ILP apresentou os maiores índices de densidade do solo (Tabela 5), devido à utilização de maquinário pesado para seu manejo e também pelo pisoteio do gado. A densidade do solo é altamente influenciada pelo sistema de manejo adotado e pela textura do solo (AGUIAR, 2008).

As propriedades físicas do solo são interdependentes e a modificação de uma promove alterações em todas as outras. Por conta disso, a densidade

do solo é o atributo físico mais estudado e monitorado, principalmente pelo fato de que a porosidade e a densidade do solo expressam alta relação, e por isso são tratadas conjuntamente, ou seja, o aumento da densidade reduz o espaço poroso do solo (FERREIRA, et al., 2010a; STEFANOSKI, et al., 2013). Reichert et al. (2003) consideram  $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$  como densidade crítica para o bom crescimento do sistema radicular em solos de textura média.

É possível verificar que comparando as avaliações de 2013 com as de 2015, não houve diferença significativa para grande parte das variáveis analisadas (Tabela 6). Com exceção da densidade do solo que foi significativa nas três profundidades, pois obteve níveis mais altos em 2015.

Tabela 6 - Probabilidade do teste *t* pareado para comparação das médias de atributos físicos do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Umidade (%)
Camada 0-5 cm					
Q1	0,906	0,671	0,964	0,856	0,350
Q2	0,284	0,790	0,181	0,224	0,465
Q3	0,608	0,760	0,536	0,087	0,148
Q4	0,624	0,055	0,120	0,008*	0,550
M	0,201	0,002*	0,019*	0,066	0,092
ILP	0,302	0,702	0,243	0,017*	0,596
Camada 5-10 cm					
Q1	0,821	0,316	0,379	0,068	0,367
Q2	0,604	0,749	0,567	0,030*	0,766
Q3	0,157	0,589	0,534	0,103	0,138
Q4	0,521	0,009*	0,599	0,004*	0,007*
M	0,275	0,092	0,021*	0,005*	0,699
ILP	0,756	0,090	0,622	0,064	0,754
Camada 10-20 cm					
Q1	0,311	0,874	0,240	0,008*	0,001*
Q2	0,851	0,876	0,914	0,376	0,403
Q3	0,113	0,676	0,269	0,206	0,141
Q4	0,501	0,466	0,794	0,015*	0,360
M	0,061	0,259	0,020*	0,022*	0,669
ILP	0,121	0,555	0,170	0,033*	0,388

\*: Diferença entre as médias de 2013 e 2015 são significativas quando valor de  $p \leq 0,05$ .

A compactação do solo é o aumento da densidade do solo, geralmente resultante do manejo, no qual há um aumento da resistência à penetração no solo e redução da porosidade total, da macroporosidade, da permeabilidade e

da infiltração de água, resultantes de cargas aplicadas na superfície do solo (SOANE; OUWERKERK, 1994). Tais variações são mais frequentes em solos de textura argilosa (RAGHAVAN et al., 1977).

O solo sob SAF assim como o solo de mata apresentaram os menores valores de resistência mecânica à penetração em todas as profundidades em 2013 (Tabela 7), quando comparado ao ILP, sendo que este resultado se repetiu no ano de 2015. Todavia nesse, apresentaram também tendência de aumento da resistência em profundidade devido à compactação do solo e altos níveis de pisoteio na área amostrada (Tabela 7).

**Tabela 7** - Resistência à penetração aparente (MPa) do solo nos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata secundária (M) e área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), nas camadas de 0-5 a 45-50 cm, Dois Vizinhos-PR, 2013 e 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
2013										
Q1	1,02 b	1,57 b	1,51 b	1,51 b	1,56 b	1,49 b	1,35 c	1,33 b	1,32 b	1,31 <sup>ns</sup>
Q2	0,87 c	1,48 b	1,55 b	1,51 b	1,48 b	1,37 b	1,35 c	1,23 b	1,30 b	1,37
Q3	1,10 b	1,69 b	1,54 b	1,55 b	1,52 b	1,52 b	1,48 c	1,44 b	1,47 b	1,49
Q4	1,21 b	1,77 b	1,64 b	1,61 b	1,57 b	1,47 b	1,42 c	1,36 b	1,41 b	1,40
M	0,67 d	1,50 b	1,86 b	1,81 b	1,90 b	1,90 a	1,84 b	1,78 a	1,70 a	1,67
ILP	2,25 a	3,62 a	3,48 a	3,01 a	2,41 a	2,40 a	2,22 a	1,87 a	1,94 a	1,75
CV (%)	8,3	16,8	16,8	18,6	21,8	17,5	14,9	15,0	15,8	15,6
2015										
Q1	0,85 b	1,36 b	1,44 c	1,48 c	1,74 b	1,60 b	1,56 b	1,60 b	1,54 b	1,58 <sup>ns</sup>
Q2	1,01 a	1,75 b	1,85 b	1,96 b	2,13 a	2,11 a	1,89 b	1,78 b	1,71 b	1,73
Q3	1,21 a	1,93 b	2,13 b	2,38 b	2,53 a	2,39 a	2,23 a	2,06 a	2,03 a	1,83
Q4	1,23 a	2,08 b	2,16 b	2,18 b	2,53 a	2,50 a	2,35 a	2,29 a	2,12 a	1,97
M	0,52 b	1,67 b	2,07 b	2,25 b	2,24 a	2,19 a	2,02 a	1,93 a	1,96 a	1,78
ILP	1,50 a	2,83 a	2,82 a	3,03 a	2,33 a	2,16 a	2,04 a	2,02 a	1,84 a	2,03
CV (%)	31,8	26,2	19,2	17,0	18,2	16,2	17,1	15,9	15,8	14,1

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Dados da camada de 0-5 cm foram transformados à escala raiz quadrada e dados das demais camadas da coleta de 2013 foram transformados à escala inverso ( $1/x$ ).

Os resultados deste estudo são semelhantes aos descritos por Carvalho et al. (2004), onde um solo sob sistema agroflorestal apresentou baixa resistência em todas as camadas, principalmente na superficial (0-10 cm), refletindo os efeitos da incorporação de matéria orgânica ao solo.

Comparando os valores medidos para resistência a penetração no ano de 2013 com os medidos em 2015 verificou-se que não houve diferença significativa, para maior parte das variáveis analisadas (Tabela 8). Entretanto para Q2, Q3, Q4, mata e ILP no ano de 2015, houve aumento da resistência a penetração (Tabela 8). Segundo Borges et al. (2004) esse aumento mais acentuado da RP nas camadas mais profundas deve-se possivelmente à pressão das camadas superficiais sobre as subjacentes.

Collares et al. (2008) afirmam que a resistência do solo à penetração está relacionada à umidade do solo e aumenta à medida em que o teor de água diminui. Da mesma maneira, Streck et al. (2004) afirmam que a compactação do solo eleva valores de densidade do solo e aumenta resistência à penetração do solo. De acordo com Hamza e Anderson (2005) a principal causa da compactação do solo é a intensificação do tráfego excessivo anteriormente na área.

**Tabela 8** - Probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas da resistência à penetração do solo entre 2013 e 2015, dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M), nas camadas de 0-5 a 45-50 cm. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	40-45 cm	45-50 cm
Q1	0,569	0,569	1,000	0,846	0,169	0,108	0,169	0,169	0,169	0,231
Q2	0,323	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*
Q3	0,200	0,323	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,077	0,077	0,077
Q4	1,000	0,231	0,108	0,077	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*
M	0,323	0,446	0,046*	0,169	0,231	0,169	0,446	0,446	0,231	0,692
ILP	0,077	0,169	0,046*	0,846	1,000	0,846	0,692	0,631	0,692	0,323

\*: Diferença entre as medianas de 2013 e 2015 são significativas quando valor de  $p \leq 0,05$ .

### 4.3 Atributos biológicos do solo

O número de ordens de insetos e os índices de diversidade de Simpson (D) e Margalef maiores na agrofloresta e na mata nativa (Tabela 9). As florestas fornecem um microclima favorável em termos de umidade, temperatura e incidência solar para o desenvolvimento de uma grande diversidade de organismos (FERREIRA; MARQUES, 1998).

O número de ordens foi maior para a agrofloresta indicando que o ambiente está em ótimas condições ambientais (MOFFATT; McLACHLAM,

2004). Assim, os organismos presentes no solo são um fator determinante, pois os níveis de decomposição da serapilheira aceleram os níveis de ciclagem de nutrientes indicando qualidade do solo (KNOEPP et al., 2000).

Os índices de Simpson e Shanon mostraram melhores resultados para o SAF e a mata secundária estabelecendo que estas áreas possuem maior riqueza e heterogeneidade de indivíduos (Tabela 9). Estes índices servem como indicadores do equilíbrio de sistemas ecológicos, funcionando como ferramenta para o manejo ambiental (MAGURRAN, 1988).

Tabela 9 - Índices de riqueza e diversidade baseados no número e ordens de insetos coletados em seis armadilhas nos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M), nas coletas de 2013 e 2015. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Nº ordens	Nº indivíduos	Dominância	Simpson	Shanon	Margalef	Equitabilidade	Eveness
Coleta de 2013								
Q1	10,5 a	170,0 <sup>ns</sup>	0,22 b	0,78 a	1,80 a	1,85 a	0,78 a	0,60 a
Q2	11,2 a	194,8	0,26 b	0,74 a	1,68 b	1,97 a	0,70 b	0,49 b
Q3	10,5 a	249,3	0,26 b	0,74 a	1,62 b	1,74 a	0,69 b	0,49 b
Q4	9,2 b	202,7	0,38 a	0,62 b	1,35 c	1,54 b	0,61 c	0,42 b
M	12,0 a	267,2	0,21 b	0,79 a	1,89 a	1,97 a	0,76 a	0,56 a
ILP	7,8 b	194,7	0,38 a	0,62 b	1,34 c	1,30 b	0,65 c	0,49 b
CV (%)	8,1	31,0	20,3	8,1	10,9	14,7	7,3	12,3
Coleta de 2015								
Q1	7,3 a	115,7 <sup>ns</sup>	0,28 b	0,72 a	1,47 a	1,36 a	0,76 a	0,63 <sup>ns</sup>
Q2	7,3 a	113,5	0,30 b	0,70 a	1,45 a	1,37 a	0,73 a	0,58
Q3	7,5 a	126,8	0,42 a	0,58 b	1,24 b	1,37 a	0,62 b	0,47
Q4	8,2 a	127,2	0,34 b	0,66 a	1,40 a	1,52 a	0,68 b	0,53
M	6,5 a	69,2	0,28 b	0,72 a	1,46 a	1,34 a	0,81 a	0,70
ILP	5,2 b	165,5	0,47 a	0,53 b	0,98 b	0,83 b	0,59 b	0,54
CV (%)	12,1	28,3	15,1	19,7	17,5	22,3	15,9	10,4

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Dados de número de ordens nas coletas de 2013 e 2015, número de indivíduos de 2015 e dominância de 2015 foram transformados à escala raiz quadrada e dados do índice de diversidade de Simpson de 2015 foram transformados à escala arco-seno.

O índice de Margalef mostrou maiores resultados para SAF e Mata secundária (Tabela 9), pois em estágios iniciais de sucessão ecológica, os processos de incorporação de biodiversidade são mais acelerados, resultado da rápida renovação da biomassa (MARGALEF, 1963). Por outro lado, os ecossistemas mais maduros se caracterizam por um tempo mais longo para a renovação da sua biomassa (MARGALEF, 1956).

Grande parte dos índices de diversidade analisados não diferiram estatisticamente entre os anos de 2013 a 2015, mantendo a diversidade da classe insecta (Tabela 10). Foi possível verificar que no Q3 e na mata houve diminuição no número de ordens no ano de 2015, conseqüentemente, acarretou aumento de dominância de espécies e diminuição dos índices de diversidade analisados (Tabela 10).

Além de mudanças na comunidade, algumas espécies são definidas por possuírem uma abundância muito reduzida ou muito elevada em áreas com características distintas, o que tem promovido a sugestão de algumas espécies como indicadores ambientais (HALFFTER; FAVILA, 1993). Certas espécies possuem alta especificidade de habitat (HALFFTER, 1991) e, desta forma, não conseguem estender suas populações para áreas abertas (KLEIN, 1989; SPECTOR; AYZAMA, 2003; ALMEIDA; LOUZADA, 2009).

Besouros escarabeídeos são frequentemente utilizados como indicadores ecológicos, pois as mudanças ambientais alteram também a estrutura e a composição das espécies dentro das comunidades, com diminuição de riqueza, abundância e diversidade (KLEIN, 1989; HALFFTER; FAVILA, 1993; DAVIS et al., 2001; GARDNER et al., 2008a). Estes animais possuem alta sensibilidade às mudanças ambientais por conta da íntima relação com o meio e os recursos disponíveis (HALFFTER; FAVILA, 1993; BARLOW et al., 2007; GARDNER et al., 2008b; HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO, 2009), respondendo negativamente à destruição, fragmentação e isolamento de florestas tropicais (KLEIN, 1989; HALFFTER et al., 1992).

Tabela 10 - Probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas entre 2013 e 2015 dos índices de riqueza e diversidade de insetos, dos quadrantes da agroflorestra (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Nº ordens	Nº indivíduos	Dominância	Simpson	Shanon	Margalef	Equitabilidade	Eveness
Q1	0,169	0,323	0,108	0,108	0,077	0,108	0,846	0,846
Q2	0,046*	0,077	0,169	0,169	0,046*	0,046*	0,323	0,046*
Q3	0,091	0,046*	0,046*	0,046*	0,046*	0,077	0,169	0,692
Q4	0,569	0,231	0,446	0,446	0,692	1,000	0,108	0,046*
M	0,046*	0,046*	0,169	0,169	0,077	0,077	0,323	0,077
ILP	0,091	0,446	0,569	0,569	0,077	0,046*	0,692	0,231

\*: Diferença entre as medianas de 2013 e 2015 são significativas quando valor de  $p \leq 0,05$ .

O C-CO<sub>2</sub> acumulado não foi significativo no ano de 2013 entre as áreas analisadas. Já em 2015 os maiores valores foram evidenciados na mata, sendo que a agrofloresta obteve valores semelhantes aos encontrados no ILP, isso porque a mata dispõe de maior acúmulo de resíduos vegetais (Tabela 11).

Quando se adiciona ao solo uma fonte de carbono, estimula-se a respiração microbiana. Contudo, os sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno biológico de C-CO<sub>2</sub> atmosférico e mitigação do aquecimento global (AMADO et al., 2001; LOVATO et al., 2004; BAYER et al., 2006; COSTA et al., 2008).

Dependendo do manejo aplicado pode ser que ocorra equilíbrio com recuperação e até mesmo acúmulo, o que seria ecologicamente vantajoso, do ponto de vista da diminuição do CO<sub>2</sub> da atmosfera, reduzindo-se o efeito estufa e os impactos da atividade agrícola no ambiente (SIQUEIRA, 1993).

Tabela 11 - C-CO<sub>2</sub> acumulado de medições aos 15, 30 e 45 dias de incubação, nas coletas de 2013 e de 2015, e probabilidade do teste de Wilcoxon pareado para comparação das medianas entre os anos de coleta, na análise de respirometria ou atividade microbiana do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), área de sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Mata secundária (M). UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2017.

Área	Coleta em 2013		Coleta em 2015		Teste de Wilcoxon
	C-CO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )				Probabilidade
Q1	201,4 <sup>ns</sup>		226,7 b		0,046*
Q2	249,2		219,8 b		0,077
Q3	253,7		164,6 c		0,046*
Q4	253,5		196,7 c		0,108
M	281,6		370,8 a		0,046*
ILP	245,0		243,1 b		1,000
CV (%)	17,7		16,6		-

<sup>ns</sup>: Diferenças entre os tratamentos não foram significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Dados de respirometria de 2015 foram transformados à escala inversa (1/x). \*: Diferença entre as medianas de 2013 e 2015 são significativas quando valor de  $p \leq 0,05$ .

Na comparação entre 2013 e 2015 observa-se que o Q1 obteve maior C-CO<sub>2</sub> no ano de 2015 (Tabela 11), este fato pode estar relacionado a desrama realizada na agrofloresta neste mesmo ano, sendo que neste quadrante é onde se encontra a maior parte das bananeiras que com o corte proporcionaram maior acúmulo de material vegetal. Já o Q3 diminuiu o C-CO<sub>2</sub> no ano de 2015, pois muitas espécies que compunham esse quadrante no ano de 2013



morreram, diminuindo o aporte de material vegetal no ano posterior, diminuindo os níveis de C-CO<sub>2</sub>.

Segundo Islabão et al. (2012), a constante incorporação de resíduos e acúmulo de matéria orgânica elevam a biomassa microbiana e a atividade biológica, com consequente maior liberação de CO<sub>2</sub> no solo de áreas florestais.

## 5 CONCLUSÕES

Os indicadores de qualidade física do solo da agrofloresta estão em níveis intermediários, semelhantes em sua maioria ao sistema de integração lavoura pecuária, mas ainda abaixo dos indicadores de uma mata nativa secundária.

Foi possível verificar que comparando as avaliações de 2013 com as de 2015, não houve diferença significativa para grande parte das variáveis analisadas.

A avaliação da melhoria do solo de uma agrofloresta com pouco tempo de implantação, pode ser realizada utilizando os atributos físicos e biológicos do solo.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sabendo que a agrofloresta contribui para manter a qualidade do solo, seria interessante continuar analisando o solo ao longo do tempo para verificar se poderão ocorrer maiores mudanças.

O desenvolvimento das espécies deve ser analisado para verificar quais se adaptam melhor ao clima e as condições do local e também as que proporcionam maiores índices de produtividade, sendo estas mais rentáveis, visando manter espécies que produzem em épocas diferentes para manter o investimento lucrativo.

Divulgar essas informações a produtores rurais e a comunidade em geral para incentivar a implantação de agroflorestas na região.

## REFERÊNCIAS

- ABDO, M.T.V.N.; VALERI, S.V.; MARTINS, A.L. Sistemas agrofloreais e Agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n. 2, p. 50-59, 2008.
- AGUIAR, M.I. Qualidade física do solo em sistemas agrofloreais. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia), Departamento de Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, 2008, 89 f.
- ALMEIDA, S.S.P.A.; LOUZADA, J.N.C. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 32-43, 2009.
- ALTIERI, A.; NICHOLLS, C. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores. **Agroecología**, v. 3, p. 7-28, 2008.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012. 3. Ed, v. 1, 400 p.
- ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E.A.S.; HIPÓLITO, J.L.; CASTILHO, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe**, v. 30, p. 167-180, 2005.
- ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.
- ANGEL-PÉREZ, A.L.D.; MENDOZA B.M.A. Totonachomegardens and natural resources in Veracruz, Mexico. **Agriculture and Human Values**, v. 21, p. 329-346, 2004.
- ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.3, p. 677-687, 2009.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava**, v.5, n.1, p.187- 206, 2012.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.4, p. 515-522, 2005.

BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A.; GRAÇA, L.R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal EMBRAPA-CNPQ**, n. 12, p. 47-72, 1986.

BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; ARAÚJO, I.S.; ÁVILA-PIRES, T.C.; BONALDO, A.B.; COSTA, J.E.; ESPOSITO, M.C.; FERREIRA, L.V.; HAWES, J.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; HOOGMOED, M.S.; LEITE, R.N.; LO-MAN-HUNG, N.F.; MALCOLM, J.R.; MARTINS, M.B.; MESTRE, L.A.M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, W.L.; OVERAL, A.L.; PARRY, L.; PETERS, S.L.; RIBEIRO JR., MA.; DA SILVA, M.N.F.; DA SILVA MOTTA, C.; PERES, C.A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America** v.104, n. 47, p. 18555-18560. 2007.

BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, v. 38, p.183-230, 1985.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York, John Wiley, 1972. 498p.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BENJAMIN, T.J.; MONTAÑEZ, P.I.; JIMÉNEZ, J.J.M.; GILLESPIE, A.R. Carbon, water and nutrient flux in Maya homegardens in the Yucatán peninsula of Mexico. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 103-111, 2001.

BIGNEL, D.; CONSTANTINO, R.; CSUZDI, C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J.N.C.; SUSILO, F.X.; TONDOH, J.E.; ZANETTI, R. Macrofauna. In: MOREIRA, F.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, D.E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, 367p.

BOLEY, J.D.; DREW, A.P.; ANDRUS, R. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soils chemistry in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 11, p. 2254-2261, 2009.

BORGES, J.R.; PAULETTO, E.A.; SOUSA, R.O.; PINTO, L.F.S.; LEITZKE, V.W. 2004. Resistência à penetração de um gleissolo submetido a sistemas de

cultivo e culturas. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 10, n. 1, 2004.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of soils**, v.19, n. 4, p. 269-279, 1995.

CABREIRA M.A.F. Mapeamento das Classes de Solos da UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos. **TCC** (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Florestal) Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

CADISH, G.; MUTUO, P.; MERCADO, A.; HAIRIAH, K.; NYAMUGAFATA, P.; BOYE, A.; ALBRECHT, A. Organic matter management in tropical agroforestry systems: soil quality, soil C storage and soil-atmosphere gas Exchange. In: GAMARODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMARODRIGUES, A. F. (Editores). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. 1ª ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 365 p.

CAJA-GIRON, Y.S.; SINCLAIR, F.L. Characterization of multistratasilvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 215-225, 2001.

CAMPANHA, M.M.; SANTOS, R.H.S.; FREITAS, G.D.; MARTINEZ, H.E.P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIA, S.L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata-MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n.2, p. 613-622, 2011.

CARDOSO, I.; KUYPER, T. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 116, n. 1-2, p. 72-84, 2006.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agrícola**, v. 63, p. 502- 509, 2006.

CAMARGO, M.S.; BARBOSA, D.S.; RESENDE, R.H.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos a calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CARTER, M.R. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. **Soil and Tillage Research**, v. 12, n.1, p. 37-51, 1988.

CARTER, M.R.; WHITE, R.P.; IVANY, J.A. Characterizing macropore continuity and aeration in fine loams in tillage studies. **In: international soil tillage research organization; international conference**, 13., Aalborg, 1994. Proceedings... Aalborg, Royal Veterinary and Agricultural University/Danish Institute of Plant and Soil Science, p.7-12, 1994.

CORRÊA, J.C.; FREITAG, E.E.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; FERNANDES, D.M.; MARCELINO, R. Aplicação superficial de calcário e diferentes resíduos em soja cultivada no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1059-1068, 2009.

CHAO, T.T.; HARWARD, M.E. Nature of Acid Clays and Relationships to Ion Activities and Ion Ratios in Equilibrium Solutions. **Soil Science**, v. 93, n. 4, p. 246-253, 1962.

COLEMAN, N.T.; THOMAS, G.W. Soil Acidity and Liming: The Basic chemistry of Soil Acidity. Number 12 in the series. Agronomy. **American Society of Agronomy**, Publisher Madison, Wisconsin, USA. 1967. 288p.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 933-942, 2008.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.

DAVIS, A.J.; HOLLOWAY, J.D.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A.H.; SUTTON, S.L. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**, v. 38, n. 3, p. 593-616, 2001.

DELABIE, J.H.C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I.C.; MARIANO, S.F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic forest fauna of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 16, n. 8, p. 2359-2384, 2007.

DEVIDE, A.C.P. Culturas anuais para sistemas agroflorestais com guanandi em várzea e terraço fluvial. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013. 35f.

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

DREWRY, J.J.; CAMERON, K.C.; BUCHAN, G.D. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing: a review. **Soil Research**, v. 46, n. 3, p. 237-256, 2008.

DUBOIS, J. Harmonização da legislação conservacionista com os requisitos para o desenvolvimento rural sustentável. **Relatório apresentado no Seminário Nacional sobre Políticas Públicas e Financiamento para o Desenvolvimento Agroflorestal no Brasil**. Brasília: REBRAAF, 2004.

EMBRAPA. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 1ed. 2010. 30p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. v. 1, Rio de Janeiro, 1979. 230 p.

FAVERO, C.; LOVO, I.C.; MENDONÇA, E.S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FERREIRA, R.L.; MARQUES, M.M.G.S.M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com Eucalyptus sp. e mata secundária heterogênea. **Anais...** Sociedade Entomológica Brasil, v.27, n.3, 1998, p.395-403.

FERREIRA, R.R.M.; FILHO, J.T.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010a.

FERREIRA, D.F.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A.D. Procedimentos estatísticos em planejamentos experimentais com restrições na casualização. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.3, p.16-19, 2012.



FIGUEIREDO, C.C.; SANTOS, G.G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J.L.; ALVES JÚNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n.2, p.146–151, 2009.

FONTENELE, W.; SALVIANO, A.A.C.; MOUSINHO, F.E.P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n.2, p. 194-202, 2009.

FREITAS, A.D.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SANTOS, C.E.R.S.; FERNANDES, A.R. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 3, p. 344-349, 2010.

FRIZZAS, M.R.; OMOTO, C.; SILVEIRA NETO, S.; MORAES, R.C.B. Avaliação da comunidade de insetos durante o ciclo da cultura do milho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.9-24, 2003.

FROUFE, L.C.M.; RACKWAL, M.F.G.; SEOANE, C.E.S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, 2011.

GASSEN, D.; KOCHHANN, R. A. Benefícios de insetos de solos sob plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (Ed.) **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Núcleo Regional Sul/SBCS, 1998. p.151-160.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 2002. 920p.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P.; SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1489-1499, 2008.

GARDNER, T.A.; BARLOW, J.; ARAUJO, I.S.; PIRES, T.C.A.; BONALDO, A.B.; COSTA, J.E.; ESPOSITO, M.C.; FERREIRA, L.V.; HAWES, J.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; HOOGMOED, M.S.; LEITE, R.N.; LO-MAN-HUNG, N.F.; MALCOLM, J.R.; MARTINS, M.B.; MESTRE, L.A.M.; SANTOS, R.M.; OVERAL, W.L.; PARRY, L.; PETERS, S.L.; RIBEIRO-JUNIOR, M.A.; SILVA, M.N.F.; MOTTA, C.S.; PERES, C.A. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, v. 11, n. 2, p. 139-150, 2008a.

GARDNER, T.A.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; BARLOW, J.; PERES, C.A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for Neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 883-893, 2008b.

GERIK, T.J.; MORRISON Jr., J.E.; CICHESTER, F.W. Effect of controlled traffic on soil physical properties and crop rooting. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 3, p. 434-438, 1987.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effects of bulk density aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 32, n.2, p. 180-186, 1968.

GOEDERT, W. J. Qualidade do solso em sistemas de produção agrícola. **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, 2005.

GOB - Governo do Brasil. **Presidência da República** (2011). Disponível em: <[www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/brasil-sem-miseria-bolsa-verde-beneficia-assentamentos-diferenciados](http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/brasil-sem-miseria-bolsa-verde-beneficia-assentamentos-diferenciados)>. Acessado em 24 de julho de 2015.

GRANADOS, L.A.C. Viabilidad financiera de sistemas agrosilvopastoriles multiestra-tay agroflorestales, en fincas ganaderas convencionales del Departamento de San-tander, Colombia. **(Dissertação)** Mestrado em Scientiae – CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2005. 146f.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 32, n.2, p.180-186, 1968.

HALFFTER, G.; FAVILA, M.E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rain forest and modified landscapes. **Biology International**, v. 27, n. 27, p. 15-21, 1993.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana** v.82, p. 195-238, 1991.

HALFFTER, G.; FAVILA, M.E.; HALFFTER, V. A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forest and derived ecosystems. **Folia Entomologica Mexicana**, v. 84, p.131-156, 1992.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, n.1, p.1-9, 2001.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HERNÁNDEZ, M.I.M.; VAZ-DE-MELLO, F. Seasonal and spatial variation of copro-phagous Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.4, p.498-505, 2009.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advances in Agronomy**, v. 37, p. 249-315, 1984.

HILDRETH, L.A. The economic impacts of agroforestry in the Northern Plains of China. **Agroforestry systems**, v. 72, n. 2, p. 119-126, 2008.

HOLGUIN, V.A.; IBRAHIM, M.; MORA-DELGADO, J. El aprendizaje participativo comobase de un cambio positivo del uso del suelo en fincas ganaderas de Costa Rica. **Livestock Research for Rural Development**, v. 19, n. 4, 2007.

HUERTA, E.; RODRIGUEZ-OLAN, J.; EVIA-CASTILLO, I.; MONTEJOMENESES, E.; CRUZ- MONDRAGON, M.; GARCIA-HERNANDEZ, R.; URIBE, S. Earthworms and soil properties in Tabasco Mexico. **European Journal Soil Biology**, v. 43, p.190-195, 2007.

ISAAC, M.E.; TIMMER, V.R., QUASHIE-SAM, S.J. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 78, n. 2, p. 155-165, 2007.

ISLABÃO, G. O.; TIMM, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PRESTES, R. B.; BAMBERG, A. L. Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS. In: SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, flores-tais e pastagem no médio vale do Paranaíba do sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 1680-1689, 2012.

IWATA, B.D.F.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L.P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.730-738, 2012.

JENKINSON, E.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (ed.) *Soil Biochemistry*. **New York: Marcel Dekker**, v. 5, p. 415-471, 1981.

JUNG, P. H.; BERTOLLINI, I. C. ; LUDVICHACK, A. A. ; BIZ, S. ; BRUN, E. J. . Planejamento da Trilha Ecológica Interpretativa da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos. In: **2 Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR**, Curitiba, 2012.

KÂMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÂMPF, A. N., FERMINO, M. H. (Eds.) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

KIEHL, R.J. **Manual de Edafologia**. Editora Agronômica Ceres, Ltda. São Paulo – SP, 1979, 263p.

KLEIN, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. **Ecology**, v. 70, n. 6, p. 1715-1725, 1989.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.

KNOEPP, J.D.; COLEMAN, D.C.; CROSSEY Jr., D.A.; CLARK, J.S. Biological indices of Soil quality: an ecosystem case study of their use. **Forest Ecology and Management**, v. 138, n. 1, p. 357-368, 2000.

LAMÔNICA, K.R.; BARROSO, D.G. **Sistemas Agroflorestais: aspectos básicos e recomendações**. Manual técnico, 07, programa rio rural, Niterói-RJ, 2008,15p.

LEHMANN, J.; GÜNTHER, D.; DA MOTA, M.S.; DE ALMEIDA, M.P.; ZECH, W.; KAISER, K. Inorganic dorganic soilphosphorusand sulfúfur pools in na Amazonian multistrata agroforestry system. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 113-124, 2001.

LETEY, J.; STOLZY, L.H.; VOLORAS, N.; SZUSZKIEWICZ, T.E. Influence of soil oxygen on mineral concentration of barley. **Agronomy journal**, v. 54, n. 6, p. 538-540, 1962.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F.; COSTA, D.B.; GUALTER, R.M.R. Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1034-1037, 2007.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2011.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GASPARINI, A.S.; GOMES, C.F.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 41, n. 1, p. 10-5216, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 28, n. 1, p. 175-187, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006, 698p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of Plant Residues on the Mobility of Surface Applied Lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 251-256, 2002.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton, 1988. 179 p.

MARGALEF, R. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. **Invest. Pesq.**, v. 3, n. 99.106, 1956.

MARGALEF, R. On certain unifying principles in ecology. **The American Naturalist**, v. 97, n. 897, p. 357-374, 1963.

MARIN, A.M.P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Tese** (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002, 83f.

MATIAS, S.S.R.; BORBA, J.A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A.R.; CAMARA, F.T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n.3, p. 331-338, 2009.

MAY, P.H.; TROVATTO, C.M.M. **Manual agroflorestal para a mata atlântica. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário**. Secretaria de Agricultura Familiar, 2008, 196 p.

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário (2011a). **O Encontro da Agricultura Familiar com Alimentação Escolar**. Disponível em: <[www.mda.gov.br/alimentacaoescolar](http://www.mda.gov.br/alimentacaoescolar)>. Acessado em: 30 de julho de 2015.

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário (2011b). **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/pronaf>>. Acessado em: 20 de junho de 2015.

MÉIER, M.; TEIXEIRA, H.M.; FERREIRA, M.G.; FERRARI, E.A.; LOPES, S.I.; LOPES, R.; CARDOSO, I.M. Sistemas agroflorestais em áreas de preservação permanente. **Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 12-17, 2011.

MENEZES, J.M.T.; VAN LEEUWEN, J.; VALERI, S.V.; CRUZ, M.C.P.D.; LEANDRO, R.C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 893-898, 2008.

MOFFATT, S.F.; McLACHLAM, S.M. Understorey indicators of disturbance for riparian forests along an urban-rural gradient in Manitoba. **Ecological Indicators**, v.4, n.1, p.1-16, 2004.

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.

NORGROVE, L.; CSUZDI, C.; FORZI, F.; CANET, M.; GOUNES, J. Shifts in soil faunal community structure in shaded cacao agroforests and consequences for ecosystem function in Central Africa. **Tropical Ecology**, v. 50, n. 1, p. 71-78, 2009.

NUNES, L.A.P.L.; DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N.F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 26, n.1, p. 71-78, 2010.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R.P.; GORDON, A.M. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 104, n. 3, p. 359-377, 2004.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v. 38, n. 1-2, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, G.C.; JUNIOR, M.S.D.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um latossolo vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.291-299, 2003.

ÖHLINGER, R. **Bestimmung der Bodenatmung im Laborversuch**. In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (Ed.). *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo de cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

PERECIN, D.; CAMPOS, D.A.F. Argila iluviada e gênese em solos podzolizados de Lins e Marília. In: **Congresso brasileiro de ciência dos solos, 15, 1976, Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.461-474.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista Biociências**, v. 9, n. 3 p. 7-16, 2003.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciencia Agrararia**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

PORRO, R.; MICCOLIS, A. **Políticas Públicas para o Desenvolvimento Agroflorestal no Brasil**. ICRAF, Belém, 2011, 80p.

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008.

PRAUDEL, B.R.; UDAWATTA, R.P.; KREMER, R.J.; ANDERSON, S.H. Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management. **Agroforest System**, v. 84, p. 84-311, 2012.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002. 525p.

RAGHAVAN, G.S.V.; MCKYES, E.; CHASSÊ, M. Effect of wheel slip on soil compaction. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 22, n. 1, p. 79-83, 1977.

RAIJ, B.V.; ZULLO, M.A.T. **Métodos de análise de solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Circular, 63), 1977. 16 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência ambiental**, v. 27, p. 29-48, 2003.

ROCHA, G.P.; FERNANDES, L.A.; CABACINHA, C.D.; LOPES, I.D.P.; RIBEIRO, J.M.; FRAZÃO, L.A.; SAMPAIO, R.A. Estoque de Carbono em Sistemas Agroflorestais no Norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1197-1293, 2014.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 1ªed. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, 2010, 26 p.

SAHA, J.K.; SINGH, A.B.; GANHES HAMURTY, A.N.; KUNDU, S.; BISWAS, A.K. Sulfur accumulation in vertsoil due to continuous gypsum application for six years and its effect on yield and biochemical constituents of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 164, p.317-320, 2001.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N. & VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com café (Coffea arabica L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 343-349, 2006.

SAMWAYS, M.J. **Insect conservation biology**. London, Chapman & Hall. 1995, 358p.

SANCHEZ, P.A. Linking climate change research with food security and poverty reductions in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 82, n. 1, p. 371-383, 2000.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. In: **Agroforestry: Science, policy and practice**. Springer Netherlands, 1995. p. 5-55.

SANS, L.M.A. Avaliação da qualidade do solo. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.E.C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Fortaleza, UFC, SBCS, 2000. p. 170- 213.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: **WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16, 1998. Anais...** Montpellier, ISSS, 1998.

SANTOS, M.J.C.; RODRIGUEZ, L.C.E.; WANDELI, E.V. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Scientia Florestalis, Piracicaba**, v. 62, p. 48-61, 2002.

SAQUET, A.A. Reflexões sobre a agroecologia no Brasil. In: ALVES, A.F.; CARRIJO, B.R.; CANDIOTTO, L.Z.P. (org.). **Desenvolvimento Territorial e Agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p.137-153.

SCHROEDER, P. Carbon storage benefits of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 27, n. 1, p. 88-97, 1994.

SCROTH, G.; D'ANGELO, S.A.; TEIXEIRA, W.G.; HAAG, D.; LIEBEREI, R. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forest Ecology and Management**, v. 163, p. 131-150, 2002.

SERRAJ R. **Symbiotic nitrogen fixation: prospects for enhanced application in tropical agriculture**. IBH, New Delhi, 2004, 367 p.

SHARMA, G.; SHARMA, R.; SHARMA, E. Impacto f standage on soil C, N and P dtynamics in a 40 year chronosequence of Alder-cardamom agroforestry stands of the Sikkim Himalaya. **Pedobiologia**, v. 52, n. 6, p. 401-414, 2009.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVEIRA, N.D. Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroflorestales de café (Coffea arabica) en lamicrocuencadelRíoSesesmiles, Copán, Honduras. **Dissertação** (Mestrado) – CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2005, 154 f.

SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 230p.

SILVA, M.A.C.D.; NATALE, W.; PRADO, R.D.M.; CORRÊA, M.C.M.; STUCHI, E.S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja pêsca em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 606-612, 2007.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E., eds. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004, p.147-168.



SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. **Acidez do Solo e sua Correção**. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 205-274.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; MIRANDA, J.R.P.; SANTOS, R.V.; ALVES, A.R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.

SMILEY, G.L.; KROSCHEL, J. Temporal change in carbon stocks of cocoagilricidia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry Systems**, v. 73, n. 3, p. 219-231, 2008.

SOANE, B.D.; OUWERKERK, C. V. **Soil compaction problems in world agriculture**. In: SOANE, B.D.; OUWERKERK, C. van., ed. Soil compaction in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1994. p. 01-21.

SOMMARIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, v. 19, n. 3, p. 233-240, 1992.

SOUZA, H.N.; GOEDE, R.G.M.; BRUSSARD, L.; CARDOSO, I.M.; DUARTE, E.M.G.; FERNANDES, R.B.A.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 146, n. 1, p. 179-196, 2012.

SPECTOR, S.; AYZAMA, S. Rapid turnover and edge effects in dung beetles assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical forestsavanna ecotone. **Biotropica**, v. 35, n. 3, p. 394-404, 2003.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, n. 3, p. 465-472, 1972.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTEROSSO, D.; MUSCHLER, R.G. Designing pest-suppressive multi-strata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 151-170, 2001.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecnológica**, v.15, n.1, p.15-21, 2011.

STONE, L.F. SILVEIRA, M.P. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, 395-401. 2001.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, 2004.

SUYANTO, S.; PERMANA, R.P.; KHUSUSIYAH, N.; JOSHI, L. Land tenure, agroforestryad option, and reduction of fire hazard in a forest zone: A case study from Lampung, Sumatra, Indonesia. **Agroforestry Systems**, v. 65, n. 1, p. 1-11, 2005.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; RIBON, A.A. Physical properties of dystrophic red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n.3, p. 925-933, 2010.

TEDESCO, J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. rev.eampli. Porto Alegre: Departamento de Solos, (Boletim Técnico,5). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TRILPEHORN, C.A.; JAHNSON, N.F. **Estudos dos insetos** – tradução da 7ª edição de Borror e Delong's introduction to the study of insects. 7 ed. Thomsom Brooks/ Cole, 653p. 2011.

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.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 195-276, 2002.

UDAWATTA R.P; KREMER R.J; ADAMSON B.W; ANDERSON S.H. Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. **Applied soil ecology**, v. 39, n. 2, p. 153-160, 2008.

VIVAN, J.L. Bananicultura em Sistemas Agroflorestais no Litoral Norte do RS. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 1-20, 2002.

VIVAN, J.L. Saber Ecológico e Sistemas Agroflorestais: um estudo de caso na Floresta Atlântica do Litoral Norte do RS, Brasil. 2000. **Dissertação** (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000, 124f.

YADAV, R.S; YADAV B.L; CHHIPA, B.R.; DHYANI S.K.; RAM, M. Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi-arid region of Rajasthan, India. **Agroforestry systems**, v. 81, n. 3, p. 195-202, 2011.

YAN, F., MCBRATNEY A. B; COPELAND L. Functional substrate biodiversity of cultivated and uncultivated a horizons of vertisols in NW New South Wales. **Geoderma**, v. 96, n. 4, p. 321-343, 2000.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2nd ed. Nairobi: CAB Internacional, 1997. 320p.

**NDICE DE APÊNDICES**

APÊNDICE 1 – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante um da agrofloresta, Dois Vizinhos PR, 2017.....	66
APÊNDICE 2 – Quadro referente as espécies que compõe o quadrante dois da agrofloresta, Dois Vizinhos PR, 2017.....	67
APÊNDICE 3 – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante três da agrofloresta, Dois Vizinhos PR, 2017.....	68
APÊNDICE 4 – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante quatro da agrofloresta, Dois Vizinhos PR, 2017.....	69

**APÊNDICE 1** – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante um da agrofloresta, UTFPR, Dois Vizinhos PR, 2017.

<b>Quadrante 1</b>		
<b>Número de indivíduos</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome científico</b>
2	Abacateiro	<i>Persea americana</i>
1	Araçazeiro	<i>Psidium cattleianum</i>
4	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
129	Bananeira	<i>Musa parasidiaca</i>
1	Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>
4	Caliandra	<i>Calliandra tweediei</i>
1	Canjarana	<i>Cabralea canjerana</i>
1	Caquizeiro	<i>Diospyrus kaki</i>
1	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>
2	Cerejeira-do -mato	<i>Eugenia involucrata</i>
1	Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i>
1	Figueira	<i>Ficus guaranitica</i>
2	Goiabeiro	<i>Psidium guajava</i>
2	Guabijuzeiro	<i>Eugenia guabiju</i>
3	Guajuvira	<i>Cordia americana</i>
2	Ingazeiro	<i>Ingá marginata</i>
3	Ipê roxo	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>
1	Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>
2	Nogueira	<i>Carya illinoensis</i>
2	Palmito juçara	<i>Euterpe edulis</i>
2	Pereiro	<i>Ceiba speciosa</i>
2	Pessegueiro	<i>Prunus persica</i>
1	Pinheiro-Bravo	<i>Podocarpus lambertii</i>
2	Pitangueira	<i>Eugênia uniflora</i>
1	Sete capote	<i>Campomanesia guazumifolia</i>

**APÊNDICE 2** – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante dois da agrofloresta, UTFPR, Dois Vizinhos PR, 2017.

<b>Quadrante 2</b>		
<b>Número de espécies</b>	<b>Espécie</b>	<b>N. científico</b>
1	Abacateiro	<i>Persea americana</i>
1	Araçazeiro	<i>Psidium cattleianum</i>
3	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
87	Bananeira	<i>Musa parasidiaca</i>
3	Calliandra	<i>Calliandra tweediei</i>
2	Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i>
1	Caquizeiro	<i>Diospyrus kaki</i>
3	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>
1	Cerejeira-do-mato	<i>Eugenia involucrata</i>
1	Crabeuva	<i>Myrocarpus frondosus</i>
1	Goiabeiro	<i>Psidium guajava</i>
3	Guabijuzeiro	<i>Eugenia guabiju</i>
2	Guabirobeiro	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>
2	Guajuvira	<i>Cordia americana</i>
1	Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>
5	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>
1	Nogueira	<i>Carya illinoensis</i>
1	Palmito juçara	<i>Euterpe edulis</i>
2	Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>
1	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>
1	Pessegueiro	<i>Prunus persica</i>
3	Pitangueira	<i>Eugênia uniflora</i>
3	Sete capote	<i>Campomanesia guazumifolia</i>

**APÊNDICE 3** – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante três da agrofloresta, UTFPR, Dois Vizinhos PR, 2017.

<b>Quadrante 3</b>		
<b>Número de indivíduos</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome científico</b>
1	Abacateiro	<i>Persea americana</i>
5	Amoreira	<i>Morus alba</i>
2	Araçazeiro	<i>Psidium cattleianum</i>
6	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
27	Bananeira	<i>Musa parasidiaca</i>
1	Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>
8	Canjarana	<i>Cabralea canjerana</i>
2	Caliandra	<i>Calliandra tweediei</i>
3	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>
1	Cerejeira-do-mato	<i>Eugenia involucrata</i>
1	Citrus trifoliata	<i>Poncirus trifoliata</i>
4	Crabeuva	<i>Myrocarpus frondosus</i>
2	Figueira	<i>Ficus guaranitica</i>
2	Fruteira-do-conde	<i>Annona squamosa</i> L.
1	Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>
2	Guabijuzeiro	<i>Eugenia guabiju</i>
2	Guabirobeira	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>
1	Guajuvira	<i>Cordia americana</i>
3	Ingazeiro	<i>Ingá marginata</i>
3	Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>
5	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>
1	Mimo-de-vênus	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
1	Nogueira	<i>Carya illinoensis</i>
1	Palmito juçara	<i>Euterpe edulis</i>
3	Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>
1	Pereira	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>
3	Pessegueiro	<i>Prunus persica</i>
1	Pinheiro-Bravo	<i>Podocarpus lambertii</i>
6	Pitangueira	<i>Eugênia uniflora</i>
3	Sete capote	<i>Campomanesia guazumifolia</i>
1	Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i>
1	Uvaieira	<i>Eugenia uvalha</i>

**APÊNDICE 4** – Quadro referente às espécies que compõe o quadrante quatro da agrofloresta, UTFPR, Dois Vizinhos PR, 2017.

<b>Quadrante 4</b>		
<b>Número de indivíduos</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome científico</b>
7	Abacateiro	<i>Persea americana</i>
5	Amoreira	<i>Morus alba</i>
3	Araçazeiro	<i>Psidium cattleianum</i>
7	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
40	Bananeira	<i>Musa parasidiaca</i>
2	Cabreuva	<i>Myroxylon peuiferum</i>
2	Cajarana	<i>Cabralea canjerana</i>
6	Caliandra	<i>Calliandra tweediei</i>
2	Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i>
1	Caquizeiro	<i>Diospyrus kaki</i>
2	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>
3	Cerejeira-do -mato	<i>Eugenia involucrata</i>
1	Crabeuva	<i>Myrocarpus frondosus</i>
1	Figueira	<i>Ficus guaranitica</i>
4	Fruteira-do-conde	<i>Annona squamosa L.</i>
1	Fumeiro-bravo	<i>Solanum mauritianum</i>
3	Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>
1	Guabijuzeiro	<i>Eugenia guabiju</i>
3	Guabirobeira	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>
2	Guajuvira	<i>Cordia americana</i>
2	Ingazeiro	<i>Ingá marginata</i>
4	Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>
2	Jaboticabeira	<i>Myrciaria cauliflora</i>
7	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>
2	Mimo-de-vênus	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
2	Nogueira	<i>Carya illinoensis</i>
1	Paineira	<i>Ceiba speciosa</i>
1	Palmeira jussara	<i>Euterpe edulis</i>
1	Pessegueiro	<i>Prunus persica</i>
1	Pinheiro-Bravo	<i>Podocarpus lambertii</i>
5	Pitangueira	<i>Eugênia uniflora</i>
1	Citrus trifoliata	<i>Poncirus trifoliata</i>
1	Romeira	<i>Punica granatum</i>
3	Sete capote	<i>Campomanesia guazumifolia</i>
2	Uvaieira	<i>Eugenia uvalha</i>