



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

DIEGO DOS SANTOS PEREIRA

**QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS AGRÍCOLAS NO CERRADO DE BAIXA
ALTITUDE**

Ilha Solteira
2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIEGO DOS SANTOS PEREIRA

**QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS AGRÍCOLAS NO CERRADO DE BAIXA
ALTITUDE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Rafael Montanari
Orientador

Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso
Co-orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P436q Pereira, Diego dos Santos.
Qualidade física de um latossolo em diferentes sistemas agrícolas no cerrado de baixa altitude / Diego dos Santos Pereira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Rafael Montanari
Co-orientador: Alan Rodrigo Panosso
Inclui bibliografia

1. *Eucalyptus camaldulensis*. 2. *Pinus caribae*. 3. Mata ciliar reflorestada. 4. Atributos físicos do solo.


Raiane da Silva Santos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO EM DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS DO CERRADO DE BAIXA ALTITUDE**

AUTOR: DIEGO DOS SANTOS PEREIRA

ORIENTADOR: RAFAEL MONTANARI

COORIENTADOR: ALAN RODRIGO PANOSSO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RAFAEL MONTANARI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira

Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Ilha Solteira, 16 de fevereiro de 2018

DEDICO

A minha mãe **Zilda de Fátima Pereira dos Santos**, e meu pai **José Verismar Pereira**, por todos os ensinamentos, demonstrando todo carinho, confiança e amor. O que sou de melhor, devo a eles.

AMO VOCÊS

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela família maravilhosa, pelas oportunidades, pelas amizades, pelas companhias, pela vida.

Aos meus pais, por serem os melhores pais que eu poderia ter.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Montanari pela paciente e segura orientação, pelos incentivos e valiosos ensinamentos ao longo deste período, por me ajudar a desenvolver esse projeto e especialmente, pela sua amizade.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso pela confiança, amizade, apoio dedicado e por sua disposição para ajudar desde minha entrada na pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes pelo apoio e por ter cedido às áreas para a condução da avaliação.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física e oportunidade de realização deste trabalho.

Carinhosamente aos professores do curso de Pós-Graduação que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

A todos os funcionários da UNESP, sendo em especial: Marcelo (técnico do laboratório de nutrição de plantas), Valdivino e Diego (ex-técnico e técnico do laboratório de física do solo), pela amizade e auxílio na realização de análises em seus respectivos laboratórios.

À minha namorada Christtiane Fernandes Oliveira, pelo Amor, companheirismo, por todo seu apoio e incentivo para realização deste projeto. Obrigado por existir em minha vida.

Aos amigos, Jean Carlos de Almeida Ramos, Bruno Horschut de Lima, Renan Francisco Rimoldi Tavanti, Leandro Alves Freitas, Jaqueline Bonfim de Carvalho, Flávia Constantino Meirelles e João William Bossolani, pela amizade, ajuda e troca de conhecimentos para realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

A utilização de áreas de florestas nativas na região do Cerrado, convertidas para a produção agrícola e florestal, tem provocado efeitos sobre a qualidade física dos solos (QFS). Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da ocupação de espécies florestais em comparação com uma área de Mata Ciliar (Reflorestada), implantados há 30 anos, sobre a qualidade física de um Latossolo Vermelho, na região do Cerrado brasileiro. A pesquisa foi desenvolvida no município de Selvíria-MS, durante o ano agrícola de 2016/17. Os tratamentos corresponderam a três áreas (*Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e Mata Ciliar reflorestada). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, e vinte e cinco repetições. A QFS foi avaliada em quatro profundidades (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m), utilizando dez atributos físicos do solo: macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total calculada (PTc), porosidade total determinada (PTd), densidade no solo (DS), densidade da partícula (DP), resistência mecânica à penetração (RP), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV) e a granulometria do solo (areia, silte e argila). Os tratamentos influenciaram à QFS, alterando a DS, Mi, Ma, UG, RP e UV. A área de *Eucalyptus Camaldulensis* foi a que apresentou a melhor QFS, em comparação com a Mata Ciliar.

Palavras-chave: *Eucalyptus camaldulensis*. *Pinus caribaea*. Mata ciliar reflorestada. Atributos físicos do solo.

ABSTRACT

The use of native forest areas in the Cerrado region, converted to agricultural and forestry production, has had effects on the physical quality of soils (SPQ). Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of the occupation of forest species in comparison with an area of Ciliary Forest (reforested), implanted 30 years ago, on the physical quality of a Oxisol, in a low Cerrado region. The experiment was carried out in the municipality of Selvíria, Mato Grosso do Sul State, Brazil, during the agricultural year 2016/17. The treatments corresponded to three areas (*Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* and Reforested ciliary forest). The experimental design was a completely randomized design with three treatments and twenty five replicates. The SPQ was evaluated at four depths (0.00-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.30 and 0.30-0.40 m) using ten soil physical attributes: soil attributes analyzed were: macroporosity (Ma), microporosity (Mi), calculated total porosity (PTc), determined total porosity (PTd), bulk density (BD), real particle (RP), mechanical resistance to penetration (PR), gravimetric moisture (GM), volumetric moisture (VM) and soil grading (sand, silt and clay). The treatments influenced SPQ by altering BD, Mi, Ma, GM, RP and VM. The area of *Eucalyptus Camaldulensis* was the one that presented the best SPQ, compared to the Ciliary Forest.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*. *Pinus caribaea*. Reforested ciliary forest. Soil physical attributes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Áreas de árvores plantadas no Brasil em 2016.....	16
Figura 2	- Distribuição e evolução da área com plantios de Eucalipto, por estado em 2016.....	17
Figura 3	- Áreas de árvores plantadas no Brasil por estado e por gênero em 2016.....	18
Figura 4	- Localização das três áreas avaliadas, área sob cultivo de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (amarelo), Mata Ciliar (verde) e <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (vermelho), em um Latossolo Vermelho, no município de Selvíria-MS, 2016 e 2017.....	20
Figura 5	- Vista aérea da Mata Ciliar após 20 anos de plantio, em um Latossolo Vermelho, no município de Selvíria-MS, 2006.....	23
Figura 6	- Precipitação pluvial e Temperaturas máxima, média, e mínima, durante o período de avaliação do experimento. Selvíria-MS, 2016 e 2017.....	23
Figura 7	- Representação da malha amostral, com 25 pontos, utilizada para caracterizar a qualidade física do solo, sob povoamento de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e Mata Ciliar. Selvíria-MS, 2016 e 2017.....	24
Figura 8	- Representação da malha amostral, com 25 pontos, utilizada para caracterizar a qualidade física do solo, sob povoamento de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> . Selvíria-MS, 2016 e 2017.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Matéria orgânica de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m; sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus. Selvíria-MS, 2016 e 2017.....	20
Tabela 2	- Espécies utilizadas no reflorestamento ciliar à margem do reservatório da Hidrelétrica de Ilha Solteira.....	22
Tabela 3	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob cultivo de Eucalipto.....	29
Tabela 4	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob cultivo de Eucalipto.....	33
Tabela 5	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob Mata Ciliar.....	36
Tabela 6	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob Mata Ciliar.....	39
Tabela 7	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob Pinus.....	42
Tabela 8	- Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob sob Pinus.....	44
Tabela 9	- Atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus.....	47
Tabela 10	- Atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	QUALIDADE DO SOLO.....	13
2.2	ATRIBUTOS FÍSICOS COMO INDICADORES DA QFS.....	14
2.3	O GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i> E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	15
2.4	O GÊNERO <i>PINUS</i> E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.1.2	Instalação da população de <i>Eucalyptus camaldulensi</i>	21
3.1.3	Instalação da população de <i>pinus caribaea</i> var. <i>Hondurensis</i>	21
3.1.4	Instalação da mata ciliar (reflorestada)	21
3.2	AVALIAÇÕES E ANÁLISES.....	25
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA E DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS DO SOLO.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	28
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO, NAS ÁREAS SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, MATA CILIAR E PINUS.....	46
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

As áreas sob vegetação de Cerrado revelam excelentes atributos físicos sob condições naturais. Contudo, a partir do momento em que estes solos são utilizados na produção agrícola ou florestal, com uso intensivo, ocorrem modificações nas suas características originais (CAVENAGE et al., 1999; JORGE et al., 2012). Nas últimas décadas, a qualidade do solo (QS) tem sido um fator de grande preocupação, de forma que sua utilização intensa pode reduzir sua capacidade em ser sustentavelmente produtivo (SOUZA et al., 2016). A perda da qualidade física do solo (QFS) afeta diretamente o espaço poroso do solo, de forma a perturbar o fornecimento de água e oxigênio, restringindo o desenvolvimento das plantas (TORMENA et al., 1998). Implicando em condições prejudiciais a estruturação do solo, elevando a DS e RP resultando em condições que limitam o desenvolvimento vegetal, bem como a preservação dos recursos naturais (LIMA et al., 2013).

A DS fornece indicações a respeito do estado de conservação de um solo, sobretudo em sua influência em propriedades como: infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade do solo aos processos erosivos, sendo amplamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (KLEIN, 2008; TORMENA et al., 1998).

O material constituinte do solo, assim como os sistemas de uso e manejo, o tipo e o tempo de adoção que a cultura que está sendo utilizada, tem muita influência nos seus valores. Logo, pode-se ter em solos de mesma textura e material de origem diferentes valores de DS no perfil (JORGE et al., 2012).

Dentre vários fatores edafoclimáticos que influenciam a produtividade das culturas, os atributos físicos do solo favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessários para o alcance e manutenção de excelentes produtividades, que, segundo Vitória et al. (2012), depende de vários fatores, dentre os quais a DS e a PT, sendo o manejo uma das fontes mais relevantes de labilidade das propriedades físicas do solo. Para a permanência de excelentes produtividades, os solos devem possuir suficiente espaço poroso (Ma, Mi e PT) para o movimento da água e gases, bem como resistência favorável à penetração e o crescimento das raízes (PARENTE; MAIA, 2011). Souza et al. (2014) descrevem que a RP se correlacionou positivamente com DS e Mi do solo e negativamente com Ma e PT, indicando assim a importância dessas propriedades para o crescimento do sistema radicular das culturas.

Dessa forma, uma das soluções para esses problemas e a manutenção da QFS, seria a utilização de espécies florestais, como o Pinus e Eucalipto, em trabalhos como o de Wendling et al. (2012) e Cavenage et al. (1999), os autores verificaram que a cultura de Pinus apresentou os menores valores de DS, atuando também na recuperação da Ma do solo. Enquanto Souza et al. (2016), verificaram que a área de Eucalipto apresentou atributos físicos mais próximos ao da Mata Nativa.

Com a perspectiva de aumento da demanda mundial por celulose e por madeira certificada, o Brasil vem se destacando entre os países com maiores áreas de florestas do mundo, em 2015 o país apresentava uma área de 493538 mil ha, representando 12% da área de floresta global (MACDIKEN et al., 2016). Sendo 7,84 milhões de ha de reflorestamento, o setor de floresta plantada é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no País e, também, é um dos que segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (IBÁ, 2017). Diante deste cenário, é crescente a demanda por tecnologias voltadas à produção florestal sustentável e por estudos sobre os efeitos dessa atividade no meio ambiente, principalmente os solos (SILVA et al., 2009a).

Diante da grande extensão de áreas de Cerrado convertidas, nas últimas décadas, em áreas para o cultivo de espécies florestais, como o Eucalipto e o Pinus, e a falta de informações a respeito dos atributos físicos e do impacto dessas espécies sobre a QFS, motivou a execução deste estudo. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência da ocupação do Eucalipto, Pinus em comparação com uma área de Mata Ciliar, implantados há 30 anos, sobre a qualidade física de um Latossolo Vermelho na região do Cerrado brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE DO SOLO

No início da década de 1990, como efeito de um movimento global de conscientização da importância do solo para a qualidade ambiental, por meio de estudos que abordam a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto, emergiu o conceito de qualidade do solo (QS) (CARDOSO et al., 2013; DORAN; PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997; VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

Entre as inúmeras definições propostas, Doran e Parkin (1994), conceituaram a QS como uma característica abstrata, pois depende de fatores externos como uso da terra, práticas de manejo, interações entre o ambiente e o ecossistema, prioridades políticas e socioeconômicas. Nesse sentido, a definição mais completa da QS é descrita por Karlen, Gardner e Rosek (1998), como sendo a capacidade do solo funcionar para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e prover moradia e saúde humana. Porém, a concepção do que constitui bom solo depende do objetivo do trabalho. Para manejar e manter os solos em bom estado para as futuras gerações, a qualidade desses deve ser definida de forma a abranger as facetas das suas funções (CÂNDIDO et al., 2015).

A dificuldade em avaliar o solo é um dos principais obstáculos para o manejo sustentável dos seus ecossistemas (NURIA et al., 2011). Diversos métodos de avaliação da QS têm sido desenvolvidos por meio de índices de QS (PIGNATARO NETTO et al., 2009; CÂNDIDO et al., 2015), métodos geoestatísticos (CASTIONI et al., 2015) ou mesmo técnicas multivariadas (SOARES et al., 2016).

Dessa forma, o conhecimento sobre a QS tem sido importante para avaliação dos impactos das práticas agrícolas, seja para solos utilizados sob plantio direto (CASTIONI et al., 2015), cultivo convencional, sistemas florestais, com povoamentos de *Pinus* (ARAÚJO et al., 2007), e com Eucalipto (FREITAS et al., 2007) ou em áreas de pastagens (PIGNATARO NETTO et al., 2009).

Para avaliar a QS, indicadores químicos, físicos e biológicos devem ser identificados e analisados quanto à sensibilidade a mudanças e distúrbios causados pelo manejo. Uma vez que tenham sido definidos, esses indicadores podem ser monitorados de forma a avaliar o impacto do manejo adotado sobre a QS em médio e longo prazo (CHAER et al., 2007).

A necessidade de entender e avaliar os indicadores de QS tem sido apontada como um dos principais compromissos da ciência do solo (CARDOSO et al., 2013; LIMA et al., 2013). Segundo Corrêa et al. (2009), as avaliações de usos agrícolas e florestais dos solos utilizando-se atributos do solo como indicadores, constituem um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos com o objetivo de adaptar sistemas ou propor usos mais sustentáveis do solo.

No entanto, grandes quantidades de atributos do solo precisam ser determinados para avaliar a QS. Indicadores químicos e físicos têm sido utilizados, por apresentarem as análises simples e com metodologia facilmente encontrados na literatura (BHARDWAJ et al., 2011).

Os indicadores físicos exercem função de sustentação do solo e a sua avaliação encontra-se em processo de expansão (REYNOLDS et al., 2002), uma vez que é observada relação entre a melhoria da qualidade física e conseqüentemente melhoria na qualidade química e biológica do solo (ARAÚJO et al., 2007; DEXTER, 2004).

Nesse sentido, de acordo com Carneiro et al. (2009), a avaliação da QFS é complexa e deve ser realizada em função de um conjunto de indicadores específicos (atributos) e suas inter-relações, já que se tem verificado que indicadores isolados não são suficientes para explicar a perda ou o ganho potencial dos cultivos de determinado solo.

2.2 ATRIBUTOS FÍSICOS COMO INDICADORES DA QFS

A QFS não pode ser medida diretamente, mas pode ser estimada a partir de alguns atributos físicos que podem ser utilizados como indicadores da QS, desde que atendam a condição de ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação de suas alterações (D'ANDRÉA et al., 2002).

Assim, alguns dos principais indicadores físicos da QS que têm sido usados com frequência para aferir os impactos causados pelos sistemas de manejo são a densidade do solo (DS), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT), (PEZARICO et al., 2013; RAMOS et al., 2010), resistência mecânica à penetração (RP), textura, estabilidade de agregados, capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica (ARAÚJO et al., 2012), pois podem variar de acordo com o manejo adotado e que avaliados continuamente permitem monitorar a eficiência do sistema utilizado (TORRES et al., 2015).

Dentre os fatores principais causadores da degradação da QFS, destaca-se a compactação do solo, pois é resultando em incrementos na densidade e resistência mecânica,

bem como em reduções na PT, Ma, capacidade de infiltração de água, aeração e condutividade hidráulica (MORAES et al., 2016). Essas modificações limitam o crescimento radicular das plantas e, ao mesmo tempo, diminuem a disponibilidade de água e oxigênio no solo, resultando na redução da produtividade das culturas, especialmente sob condições de excesso ou deficiência hídrica (TORRES; SARAIVA, 1999).

2.3 O GÊNERO *EUCALYPTUS* E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O *Eucalyptus* é um gênero pertencente à família Myrtaceae, e nele estão inclusas mais de 1.200 espécies (THE PLANT LIST, 2013). A maioria delas tem origem na Austrália, mas algumas são oriundas de outros países dessa região, como Papua-Nova Guiné, Indonésia e Filipinas (ELDRIDGE et al., 1994).

Os primeiros plantios datam do início do século XVIII, na Europa, na Ásia e na África. Já no século XIX, começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal (CIB, 2008).

Nos primórdios deste século esse gênero era cultivado com a finalidade de ornamentação e como quebra-ventos, posteriormente houve grande expansão de possibilidades do seu uso, sendo empregado para diversos fins industriais. No Brasil, regiões onde houve incentivos fiscais do governo para plantios de áreas de reflorestamento, obtiveram grandes extensões de áreas plantadas (SCOLFORO; FERRAZ FILHO, 2013).

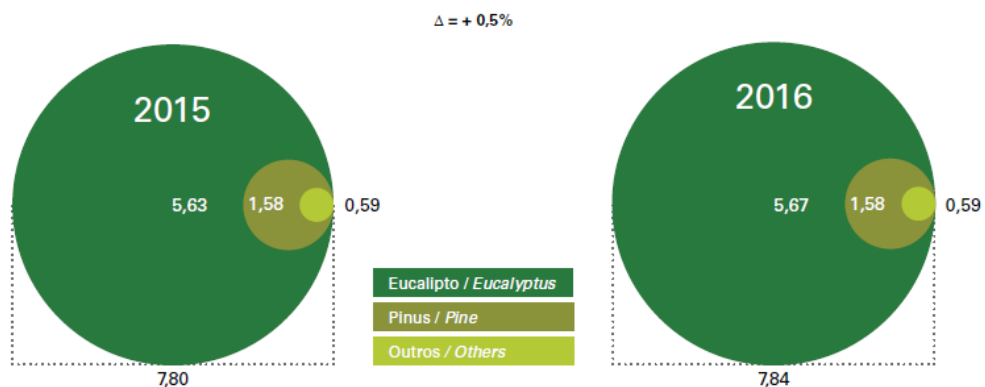
As principais espécies cultivadas atualmente no Brasil incluem: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*. Além disso, foram desenvolvidos cruzamentos entre as espécies, resultando em híbridos, como é o caso do *Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*) (CIB, 2008).

Por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de readaptação à diferentes regiões ecológicas e por oferecer um potencial econômico na utilização da madeira, espécies de Eucalipto têm sido predominantemente utilizadas nos reflorestamentos brasileiros. As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam grande capacidade de extração de água e nutrientes do solo, assimilação fotossintética e crescimento, permitindo dessa forma o cultivo em ambientes que para outras espécies florestais tornam-se impróprios (PIERI, 2016).

O gênero *Eucalyptus*, portanto, engloba um grupo de espécies de grande importância para o setor florestal brasileiro, sendo sua madeira usada para diversos fins, como produção de bioenergia, celulose e papel, madeira sólida, móveis, dentre outros (HSING et al., 2016).

A área total de árvores plantadas no Brasil apresentou em 2016 crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, devido exclusivamente ao aumento das áreas com Eucalipto. As áreas com Pinus e outros gêneros permaneceram inalteradas no período (Figura 1) (IBÁ, 2017).

Figura 1 - Áreas de árvores plantadas no Brasil em 2016.

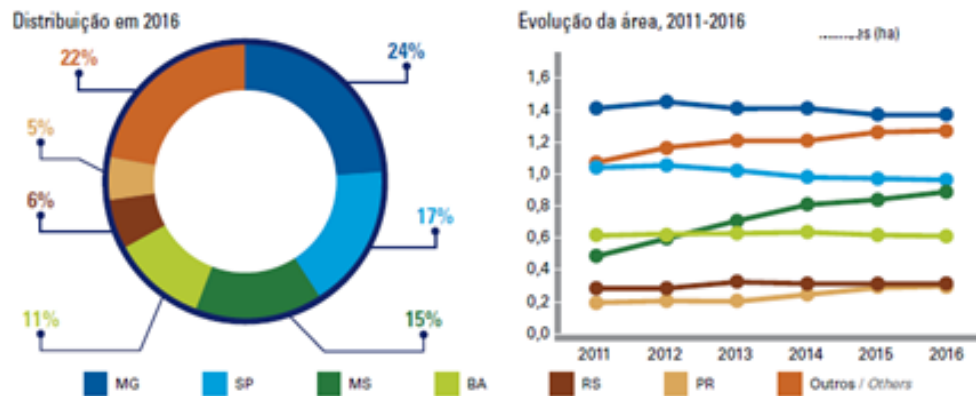


Fonte: IBÁ (2017).

Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% ao ano. O Mato Grosso do Sul tem liderado esta expansão, registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% ao ano (Figura 2). (IBÁ, 2017).

Essa área é composta pelos segmentos de celulose e papel (34%), produtores florestais independentes (29%), siderurgia a carvão vegetal (14%), painéis de madeira (6%), além das áreas de investidores institucionais e pertencentes a outros segmentos, principalmente ao agronegócio (IBÁ, 2017).

Figura 2 - Distribuição e evolução da área com plantios de Eucalipto, por estado em 2016.



Fonte: IBÁ (2017).

2.4 O GÊNERO *PINUS* E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O gênero *Pinus* é pertencente da família Pinaceae, sendo o mais antigo e surgido há aproximadamente 180 milhões de anos. Esse gênero é composto por mais de cem espécies e abrangem regiões temperadas e tropicais (FPL, 1988). Ocorre naturalmente na Europa, Ásia, América do Norte e principalmente na América Central (LIMA et. al., 1988).

No Brasil, o *Pinus* foi introduzido há aproximadamente um século, no entanto, a silvicultura desta espécie foi intensificada a partir de 1966, com a lei de incentivos fiscais promovida pelo governo federal, que tinha como objetivo solucionar a escassez de matéria prima e regulamentar a exploração e o uso das florestas, que até então estava sendo conduzida de maneira desenfreada (TRIANOSKI, 2012). Em razão da rusticidade e tolerância a diferentes condições edafoclimáticas, e a adaptação das espécies aos solos ácidos do Brasil, possibilitou a implantação de extensas áreas de plantios comerciais (KRONKA et. al., 2005), tornando favoráveis ao estabelecimento de plantios de Eucalipto e *Pinus* nas décadas de 1970 e 1980 na região do Cerrado (JUVENAL; MATTOS, 2002).

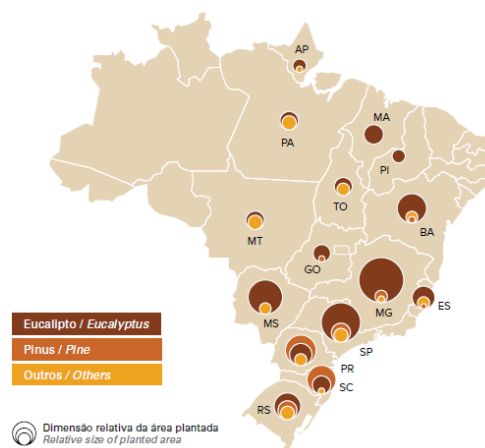
Atualmente, as toras de árvores do gênero *Pinus* são utilizadas em grande escala, devido ao seu potencial silvicultural, fundamental para sustentar a demanda industrial, sendo as espécies mais plantadas, *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*, em regiões de clima temperado e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* em clima tropical (CARGNIN, 2005). O setor florestal brasileiro contribui com uma parcela importante para a economia brasileira, gerando produtos para consumo direto ou para exportação, impostos e empregos para a população e, ainda, atuando na conservação e preservação dos recursos naturais. Segundo

dados da Embrapa (2005), o estabelecimento e o manejo de florestas plantadas com *Pinus* vêm possibilitando o abastecimento de madeira que anteriormente era suprido com a exploração do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). O plantio, por muitos anos teve como objetivo principal abastecer o setor de papel e celulose. Entretanto, com a crescente demanda de madeira e a forte pressão pela preservação das florestas nativas, sua produção se ampliou, atendendo também a demanda de madeira serrada e para laminação (MORO, 2005). Assim, essa prática estabeleceu-se como um importante aliado dos ecossistemas florestais nativos, pois supre uma parcela cada vez maior da necessidade atual de madeira.

As características morfológicas e silviculturais do *Pinus*, além do rápido crescimento e diversidade de espécies, têm promovido a expansão da distribuição geográfica das florestas plantadas com esse gênero, considerado uma importante fonte de matéria prima para a indústria de base florestal (JUIZO et al., 2015).

A área ocupada por plantios florestais no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, no qual os plantios de pinus ocupam 1,6 milhão de hectares e concentram-se no Paraná (42%), Santa Catarina (34%), Rio Grande do Sul (11%), São Paulo (8%), Mina Gerais (2%), Goiás (0,53%) e Mato Grosso do Sul (0,37 %) (Figura 3) (IBÁ, 2017). A maior concentração de plantios florestais nas Regiões Sul e Sudeste do país se justifica em função da localização das principais unidades industriais dos segmentos de Celulose e Papel, Painéis de Madeira Industrializada, Siderurgia a Carvão Vegetal e Madeira Mecanicamente Processada (ABRAF, 2013).

Figura 3 - Áreas de árvores plantadas no Brasil por estado e por gênero em 2016.



Fonte: IBÁ (2017).

Nos últimos 5 anos, houve um decréscimo da área plantada com o gênero *Pinus*, a uma taxa de 0,7% ao ano, devido principalmente, à substituição das áreas plantadas por *Eucalyptus* (IBÁ, 2017), o qual apresenta maior rendimento em volume de madeira e o ciclo de corte é inferior ao de *Pinus*. Mesmo diante da redução da área de plantio de *pinus*, o consumo da madeira desse gênero para o uso industrial em 2015 foi de 47,19 milhões de m³, o que representa aumento de 10,02% em relação ao consumo de 2016. Destacando principalmente o segmento da indústria madeireira (27,37 milhões de m³), celulose e papel (9,25 milhões de m³) e painéis reconstituídos (6,70 milhões de m³) (IBÁ, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em três áreas que tiveram como vegetação natural o Cerrado: a primeira sob um povoamento de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), a segunda sob uma Mata Ciliar (reflorestada), e a terceira sob um povoamento de Pinus (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*), implantados, há 30 anos (Figura 4). Para caracterização química das áreas foi realizado uma quantificação da matéria orgânica do solo (MO), foi realizado uma amostragem nos 25 pontos utilizados para a avaliação, em cada uma das áreas avaliadas, com o auxílio de um trado de caneca. Seguindo a metodologia de Raij et al. (2001), sendo os resultados apresentados na tabela 1.

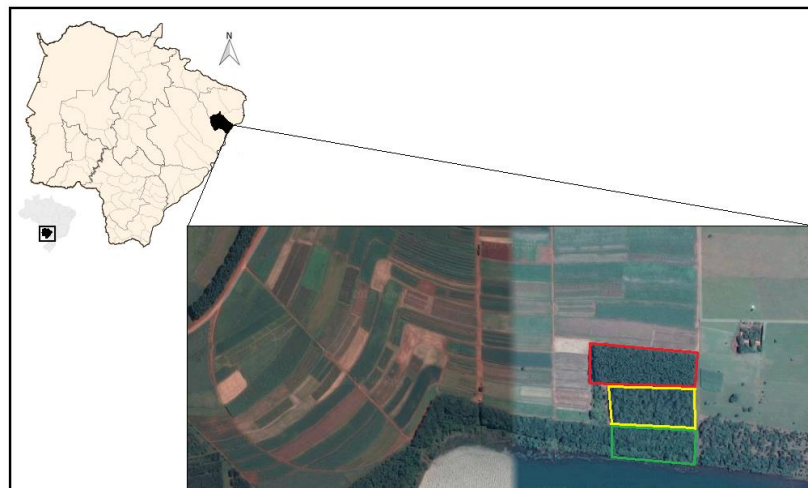
Tabela 1 – Matéria orgânica de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m; sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus. Selvíria-MS, 2016 e 2017.

Profundidade (m)	Área		
	Eucalipto	Mata Ciliar	Pinus
	----- MO (g dm ⁻³) -----		
0,00-0,10	29,76	25,20	20,04
0,10-0,20	18,00	17,44	14,56
0,20-0,30	15,52	15,12	12,20
0,30-0,40	14,12	13,40	11,56

Nota: MO = Matéria Orgânica do solo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 4 – Localização das três áreas avaliadas, área sob cultivo de *Eucalyptus camaldulensis* (amarelo), Mata Ciliar (verde) e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (vermelho), em um Latossolo Vermelho, no município de Selvíria-MS, 2016 e 2017.



Fonte: Google Earth (2018).

3.1.2 Instalação da população de *Eucalyptus camaldulensis*

A população de *E. camaldulensis* foi instalada em 26 de abril de 1986, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia (FEPE), localizada no município de Selvíria-MS. As sementes que constituem a população foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPQ) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). As mudas foram produzidas no viveiro da Companhia Energética de São Paulo (CESP), em Ilha Solteira, SP (SILVA, 2010).

A população de Eucalipto corresponde a 1500 árvores, no espaçamento de 4 x 4 metros. Em 2006 (após 20 anos) a população apresentou sobrevivência de 83,31% e em 2007 (após 21 anos) de 83,08%. Ainda em 2007, foi realizado um desbaste (com intensidade de 83,33%), permanecendo dessa forma, 250 indivíduos. E após o desbaste seletivo não ocorreu morte de árvores na população, com 100% de sobrevivência até 2009 (SILVA, 2010).

3.1.3 Instalação da população de *pinus caribaea* var. *Hondurensis*

A população de *Pinus* foi instalada em 16 de junho de 1986, na FEPE, em Selvíria-MS, sendo o plantio foi realizado sob um espaçamento de 3 x 3 metros (SANTOS, 2014). As sementes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizadas para o plantio das mudas foram coletadas em um pomar de sementes clonal do Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais - CCGMPT, localizado em Aracruz-ES, na latitude 19°49'S e longitude 40°16'W, apresentando uma altitude de 50 metros em nível do mar. Essas sementes foram cedidas pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF-ESALQ/USP – Piracicaba-SP. As mudas foram produzidas na Companhia Agro-florestal “Monte Alegre” - CAFMA, atual Duratex S.A., em Agudos-SP (SANTOS, 2014).

Inicialmente a população de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* era composto por 3.000 plantas. Em 1998 (após 12 anos do plantio) foi realizado um desbaste seletivo adotando-se intensidade de seleção 60%. Em 2014 a área apresentava 1.484 plantas, correspondendo a uma taxa de sobrevivência de 82,44% considerando um total de 1.800 plantas remanescentes após o desbaste (SANTOS, 2014).

3.1.4 Instalação da mata ciliar (reflorestada)

Em 1977 a área da FEPE foi cedida pela Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP) em comodato para a UNESP, para que fossem desenvolvidas as pesquisas agrônômicas. Já neste mesmo ano iniciou-se o desflorestamento de toda a área cedida até a margem do rio Paraná (SILVA, 2007).

Antes da instalação do reflorestamento ciliar, esta área sofreu intensiva mecanização agrícola para o plantio de arroz, esta atividade só parou com a instalação do reflorestamento (SILVA, 2007).

O reflorestamento ciliar foi plantado nos meses de fevereiro e março de 1986. As mudas foram doadas pela CESP. A área é composta por 21 espécies (Tabela 2), plantadas. O espaçamento utilizado no plantio das espécies foi de 2 x 3 metros (SILVA, 2007).

Tabela 2 - Espécies utilizadas no reflorestamento ciliar à margem do reservatório da Hidrelétrica de Ilha Solteira.

Nome científico	Nome vulgar	Família/Subfamília
<i>Albizia lebbek</i>	Albizia	Mimosoideae
<i>Holocalyx balansae</i>	Alecrim-do-campo	Caesalpinoideae
<i>Morus nigra</i>	Amora	Moraceae
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Bálsamo	Papilionoideae
<i>Spondias lutea</i>	Cajá-mirim	Anacardiaceae
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	Caesalpinoideae
<i>Ficus guaranitica</i>	Figueira	Moraceae
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Myrtaceae
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Guarucuia	Mimosaceae
<i>Tabebuia</i> sp.	Ipê-amarelo	Bignoniaceae
<i>Tabebuia roseo-alba</i>	Ipê-branco	Bignoniaceae
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Ipê-roxo	Biognoniaceae
<i>Plinia trunciflora</i>	Jabuticaba	Myrtaceae
<i>Alibertia edulis</i>	Marmelo	Myrtaceae
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	Jacarandá-caroba	Bignoniaceae
<i>Machaerium acutifolium</i>	Jacarandá-do-campo	Papilionoideae
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	Myrtaceae
<i>Licania tomentosa</i>	Oiti	Chrysobalanaseae
<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Bombacaceae
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Quereutéria	Sapindaceae
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	Mimosoideae
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva japonesa	Rhamnaceae

Fonte: Silva (2007).

O reflorestamento ciliar, desde 2006 (após 20 anos de plantio), está completamente formada a mata à margem do rio Paraná como pode ser observado na figura 5 (SILVA, 2007).

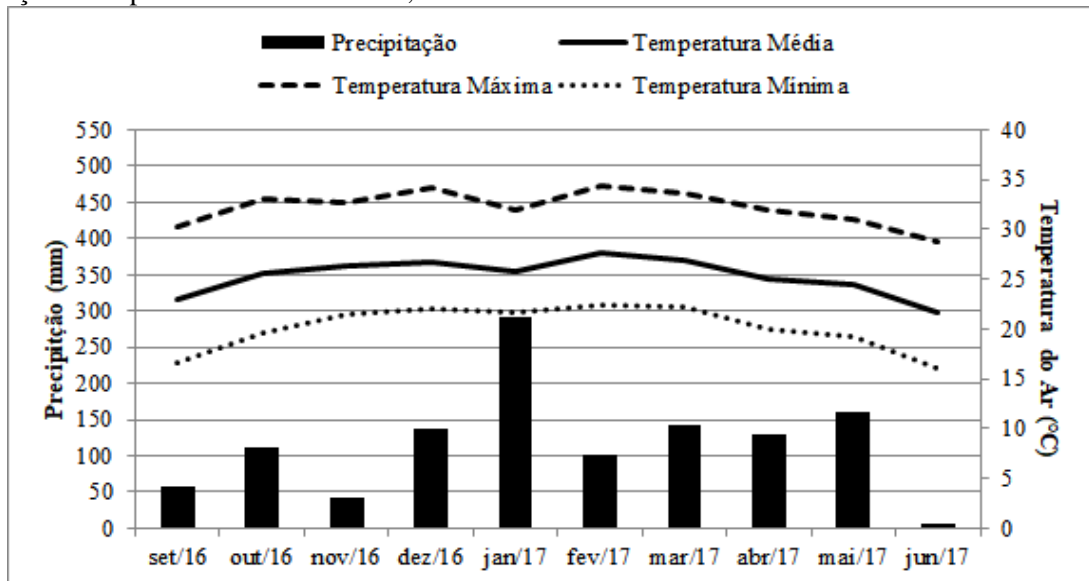
Figura 5 – Vista aérea da Mata Ciliar após 20 anos de plantio, em um Latossolo Vermelho, no município de Selvíria-MS, 2006.



Fonte: Silva (2007).

As avaliações foram realizadas no ano agrícola 2016/2017, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, em latitude de 20°22’S e longitude de 51°22’W, com precipitação média anual de 1300 mm e temperatura média de 23,7°C. O tipo climático é Aw, segundo a classificação de *Koppen-Geiger*, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa, no verão, e seca, no inverno (DEMATTÊ, 1980), sendo as condições climáticas durante a condução do experimento, expostas na figura 6. O solo da área experimental foi classificado por Demattê (1980) e segundo as normas de classificação da Embrapa (2013), é um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (entre 35 e 60% de argila).

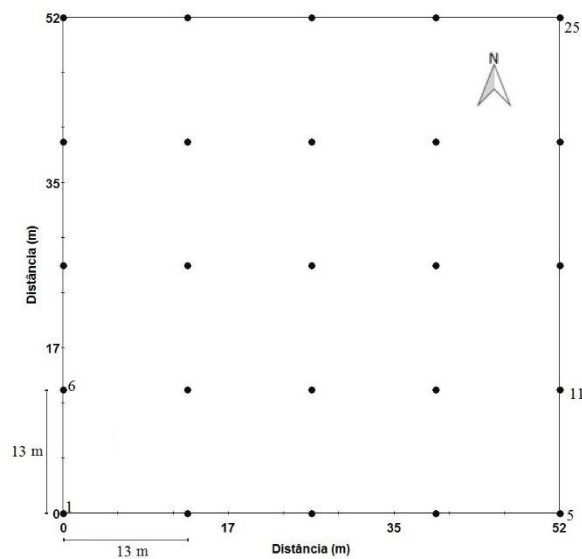
Figura 6 - Precipitação pluvial e Temperaturas máxima, média, e mínima, durante o período de avaliação do experimento. Selvíria-MS, 2016 e 2017.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

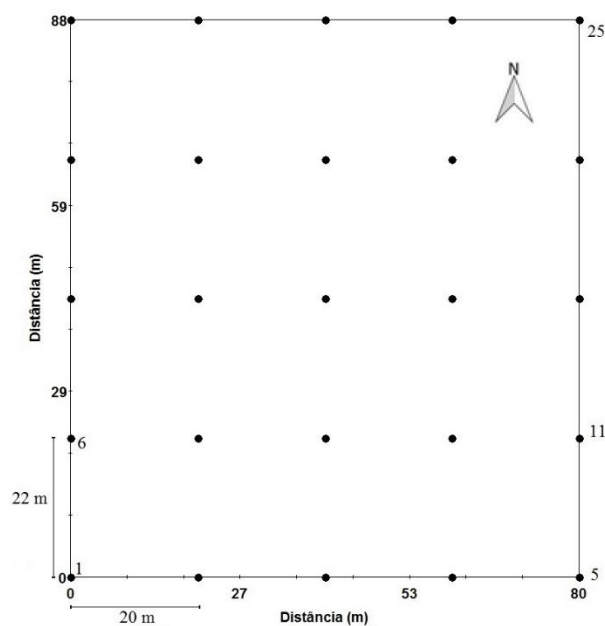
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 25 repetições e 3 tratamentos, os quais corresponderam a três diferentes áreas, Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), Pinus (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) e Mata Ciliar (reflorestada), e quatro profundidades 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; e 0,30-0,40 m. Estão expostas as malhas amostrais com os 25 pontos das áreas de Eucalipto e Mata Ciliar (Figura 7), e da área de Pinus (Figura 8).

Figura 7 – Representação da malha amostral, com 25 pontos, utilizada para caracterizar a qualidade física do solo, sob povoamento de *Eucalyptus camaldulensis* e Mata Ciliar. Selvíria-MS, 2016 e 2017.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 8 – Representação da malha amostral, com 25 pontos, utilizada para caracterizar a qualidade física do solo, sob povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Selvíria-MS, 2016 e 2017.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.2 AVALIAÇÕES E ANÁLISES

A análise do solo foi realizada no laboratório de Física do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Ilha Solteira (UNESP). As amostras de solo foram coletadas no dia 8 de novembro de 2016, nas áreas de Pinus e de Mata Ciliar, e no dia 13 de maio de 2017, na área de Eucalipto, em cada área foi retirada 25 amostras de solo, representados nas figuras 7 e 8, e foram avaliados os seguintes atributos do solo: densidade do solo (DS , kg dm^{-3}), umidade gravimétrica (UG , kg kg^{-1}), macroporosidade (Ma , $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), microporosidade (Mi , $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), porosidade total determinada (PTd , $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), umidade volumétrica (UV , $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), porosidade total calculada (PTc , $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), resistência mecânica à penetração (RP , MPa), densidade da partícula (DP , kg dm^{-3}), e granulometria do solo (areia, silte e argila, g kg^{-1}) em todas as profundidades mencionadas. O método empregado para a determinação dos atributos físicos do solo foi o preconizado pela Embrapa (2011).

A densidade do solo (DS) foi determinada pelo método do anel volumétrico, utilizando a equação 1:

$$DS = \frac{Ms}{Vt} \quad (1)$$

em que: Ms corresponde à massa de solo seco em estufa (kg); e Vt , ao volume do anel (dm^{-3}).

A umidade gravimétrica (UG) foi determinada pelo método termogravimétrico, utilizando-se balança analítica com precisão de $\pm 0,005 \text{ g}$, pela equação 2 (KIEHL, 1979).

$$UG = \frac{Mu - Ms}{Ms} \quad (2)$$

em que: Ms corresponde à massa de solo seco em estufa (kg); e Mu corresponde à massa de solo úmido (kg);

Em anéis de Kopecky com volume aproximado de $69,3 \text{ cm}^3$, foram coletadas as amostras de solo indeformadas para definir a Ma , Mi e PTd , submetendo-as a mesa de tensão, por 24 h, à tensão de 6 kPa; essas foram secas em estufa à temperatura de $105 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 h, sendo utilizados as equações 3, 4 e 5 para o cálculo:

$$Ma = \frac{Sst - Su}{Vt} \quad (3)$$

$$Mi = \frac{Su - SS}{Vt} \quad (4)$$

$$Ptd = \frac{Sst - Su}{Vt} \quad (5)$$

em que: S_{st} corresponde à condição de solo saturado; S_u , ao solo úmido com teor de água correspondente à tensão de 6 kPa na mesa de tensão; S_s , ao solo seco em estufa; e V_t , ao volume do anel.

A umidade volumétrica (UV), foi calculada pela equação 6 e a porosidade total calculada do solo (PTc) foi mensurada conforme a equação 7 (LIBARDI, 2005).

$$UV = UG \times DS \quad (6)$$

$$PTc = 1 - \frac{DS}{DP} \quad (7)$$

em que: UV é a umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$), UG é a umidade gravimétrica ($kg kg^{-1}$), DS é a densidade do solo ($kg dm^{-3}$), e DP é a densidade de partícula ($kg dm^{-3}$).

Os dados da resistência mecânica à penetração (RP) foram obtidos por meio de um penetrômetro de impacto. A expressão utilizada para o cálculo foi a de STOLF (2014), representada pela equação 8:

$$RP = \left\{ 5,581 + 6,891 \times \left[\frac{N}{(P-A)} \times 10 \right] \times 0,0981 \right\} \quad (8)$$

em que: RP é a resistência mecânica à penetração (MPa); N é o número de impactos efetuados com o martelo do penetrômetro para a obtenção da leitura; e A e P são as leituras antes e depois da realização dos impactos (cm).

A densidade de partículas (DP) foi determinada a partir de 20 g de solo seco em estufa, pelo período de 12 h, a 105 °C, depositado em balão volumétrico (50 mL), adicionando-se álcool etílico aos 20 g de solo até completar o volume do balão, utilizando-se a equação 9, em que V_a é o volume de álcool gasto.

$$DP = \frac{S_s}{(50 - V_a)} \quad (9)$$

Para determinar a granulometria do solo foi utilizado o método da pipeta, encontrando a fração correspondente de areia, silte e argila. Assim, a partir dos 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) de cada amostra, foram adicionados 20 mL de hidróxido de sódio na concentração de 1 mol L⁻¹ e 50 mL de água destilada, agitando pelo período de 16 h em Mesa Agitadora Orbital SOLAB, na frequência de 200 rpm. Durante o processo, as frações das amostras de solo foram lavadas em peneiras ($\emptyset = 0,053$ mm) com água destilada, retendo a areia total ($\emptyset = 2,00$ a 0,05 mm), e secas em estufa à 105°C, por 24 h. A solução proveniente da lavagem da amostra foi colocada em proveta volumétrica e completado o volume com água destilada, até obter 500 mL, agitando, manualmente, 30 s com o auxílio do anel perfurado, e deixando em repouso por 3 h e 30 min.

No fim do processo, coletaram-se 10 mL da solução, em uma profundidade máxima de 0,05 m para a argila, depositando em béquer. Posteriormente, encaminharam-se para a secagem em estufa (105°C) por 24 h. Pesaram-se as amostras de areia, em balança semianalítica, e as de argila, em balança analítica, determinando-se o teor de cada atributo, sendo a areia, o silte e a argila, segundo análise descrita por Embrapa (2011).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS DO SOLO

Os dados das áreas de Eucalipto (*E. camaldulensis*), Mata Ciliar reflorestada e Pinus (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) foram comparados e submetidos à análise de variância. Quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 1 e 5% de probabilidade, utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

Para cada atributo do solo estudado, efetuou-se a análise descritiva clássica, com auxílio do software estatístico SAS 9.4 (2016), sendo calculados a média, a mediana, os valores mínimos e máximos, o desvio padrão, o coeficiente de variação (CV), a curtose, a assimetria e a distribuição de frequência. Para testar a hipótese de normalidade, foi utilizado o teste de Shapiro e Wilk (1965), a 5%. Em relação ao CV dos atributos, utilizou-se a classificação de Pimentel Gomes e Garcia (2002), onde é definido a magnitude. As classes são determinadas como baixa ($CV \leq 10\%$), média ($10\% < CV \leq 20\%$), alta ($20\% < CV \leq 30\%$) e muito alta ($CV > 30\%$), que implicam em precisões experimentais alta, média, baixa e muito baixa, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Na tabela 3 consta a análise descritiva dos atributos do solo, sob cultivo de Eucalipto. O CV dos atributos Areia1 (8,08%), Areia2 (7,36%), DP1 (3,52%), DP2 (4,70%), PTc2 (8,35%), Mi2 (7,59%), DS1 (7,00%) e DS2 (4,61%) apresentaram baixa variabilidade (Tabela 3). Resultados diferentes foram encontrados por Carvalho et al. (2013), analisando um Latossolo Vermelho de textura argilosa, cultivado com café, encontrando valores de CV iguais a 15,3 e 14,9% para DS, em profundidades semelhantes ao do presente estudo.

Tabela 3 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob cultivo de Eucalipto.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	1	611	57	332	2,524	0,413	0,391	0,081	0,310	1,479	0,120	4,694	0,178
	2	599	56	345	2,599	0,414	0,411	0,080	0,331	1,519	0,115	6,200	0,175
Mediana	1	630	55	315	2,532	0,410	0,400	0,076	0,319	1,481	0,120	4,377	0,181
	2	613	55	332	2,667	0,418	0,405	0,064	0,331	1,520	0,116	5,332	0,178
Máx.	1	679	72	431	2,667	0,562	0,455	0,159	0,351	1,598	0,158	12,490	0,220
	2	666	87	431	2,778	0,478	0,583	0,265	0,373	1,716	0,156	16,355	0,253
Mín.	1	504	42	255	2,299	0,322	0,239	0,032	0,184	1,109	0,085	2,185	0,120
	2	504	42	283	2,273	0,324	0,293	0,030	0,263	1,395	0,062	1,843	0,096
D. Padrão	1	49,390	8,534	49,964	0,088	45,000	0,042	0,033	0,034	0,103	0,020	2,454	0,031
	2	44,167	8,899	39,721	0,122	0,034	0,051	0,051	0,025	0,070	0,019	3,292	0,030
CV	1	8,08	15,08	14,12	3,52	10,88	10,73	40,43	10,99	7,00	17,24	52,28	17,68
	2	7,36	15,88	11,52	4,70	8,35	12,50	63,74	7,59	4,61	16,67	53,09	17,44
Curto.	1	-0,248	-1,019	-0,422	0,582	4,403	7,004	-0,101	7,085	5,840	-1,139	4,223	-1,338
	2	0,083	5,366	0,195	1,372	0,843	5,134	6,820	0,970	1,698	1,500	5,221	1,867
Assim.	1	-0,900	0,142	0,623	-0,854	1,221	-2,110	0,701	-2,212	-1,894	-0,010	1,972	-0,184
	2	-0,814	1,758	0,790	-1,351	-0,337	1,237	2,382	-0,487	0,592	-0,470	2,208	0,029
Pr<w	1	0,012	0,455	0,089	0,151	0,011	0,000	0,288	0,000	0,001	0,432	0,000	0,056
	2	0,062	0,003	0,085	0,000	0,626	0,002	0,000	0,468	0,091	0,713	0,000	0,510
DF	1	TN	NO	NO	NO	TN	IN	NO	IN	IN	NO	IN	NO
	2	NO	IN	NO	IN	NO	IN	IN	NO	NO	NO	IN	NO

Nota: Areia1, Areia2, Silte1, Silte2, Argila1, Argila2, DP1, DP2, PTc1, PTc2, PTd1, PTd2, RP1, RP2, Ma1, Ma2, Mi1, Mi2, DS1, DS2, UG1, UG2, RP1, RP2, UV1 e UV2 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os atributos Silte1 (15,08%), Silte2 (15,88%), Argila1 (14,12%), Argila2 (11,52%), PTc1 (10,88%), PTd1 (10,73%), PTd2 (12,50%), Mi1 (10,99%), UG1 (17,24%), UG2 (16,67%), UV1 (17,68%) e UV2 (17,44%) apresentaram média variabilidade (Tabela 3). Souza et al. (2004), estudando um Latossolo Vermelho Eutroférico, encontraram 16,64 e 4,77% de silte e argila, respectivamente. Segundo os autores, argila e areia de Latossolos são atributos estáveis, ou seja, modificam-se pouco ao longo do tempo por ação do intemperismo, portanto, apresentam baixos valores de coeficiente de variação. No presente estudo, os atributos silte e argila apresentaram maiores valores de coeficiente de variação, provavelmente indicando a influência da posição da paisagem, devido à processos erosionais ou deposicionais, associados ao fluxo de água, concordando com os estudos de Souza et al. (2004).

A análise descritiva dos atributos do solo (Tabela 3) mostrou muito alto CV para Ma1 (40,43%), Ma2 (63,74%), RP1 (52,28%) e RP2 (53,09%). Este comportamento está relacionado a alta variabilidade espacial que a RP apresentou na área, já que esse atributo é bastante influenciado pela UG e UV.

Os atributos do solo (Tabela 3), Areia2, Silte1, Argila1, Argila2, DP1, PTc2, Ma1, Mi1, DS2, UG1, UG2, UV1 e UV2 apresentaram distribuição de frequência do tipo normal, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,056 a 0,713 a 5% de probabilidade. Nesse contexto Rosa Filho et al. (2011), verificaram, em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de *Eucalyptus urophylla*, distribuição log normal para UG na camada de 0,00-0,10 m. Para os atributos Areia1 e PTc1, a distribuição de frequência foi do tipo tendendo a normal, com valores de 0,012 e 0,011, respectivamente.

Quando uma variável estatística qualquer possui distribuição de frequência do tipo normal, a medida de tendência central mais adequada para representá-la deve ser a média. Em contrapartida, pode ser explicada pela mediana ou pela média geométrica, caso possua distribuição de frequências do tipo lognormal (ROSA FILHO et al., 2009).

Sob cultivo de Eucalipto (Tabela 3), verificou se que a DP1 e a DP2 apresentaram valores de 2,524 e 2,599 kg dm⁻³, respectivamente. Esses valores foram semelhantes aos obtidos por Montanari et al. (2013), que ao avaliarem a variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico, em sistema de cultivo mínimo e irrigado com pivô central, sob cultivo de feijão constataram valores de DP, na profundidade de 0,00- 0,10 m e 0,10-0,20 m, de 2,235 e 2,190 kg dm⁻³, respectivamente. No âmbito da PT (Tabela 3), na área sob cultivo de Eucalipto, os valores médios de PTc1 PTc2, PTd1 e PTd2 foram iguais a

0,413 m³ m⁻³, 0,414 m³ m⁻³, 0,391 m³ m⁻³ e 0,411 m³ m⁻³, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos de Prevedello et al. (2013), que ao trabalharem em um Argissolo Vermelho-Amarelo, Distrofíco arênico, com teor médio de 630 g kg⁻¹ de areia, 170 g kg⁻¹ de silte e 200 g kg⁻¹ de argila até a profundidade de 0,80 m, com horizonte Bt com 500 g kg⁻¹ de areia, 160 g kg⁻¹ de silte e 340 g kg⁻¹, de argila sob cultivo de *Eucalyptus grandis*, encontraram valores de 0,450 e 0,410 m³ m⁻³, para PTd, nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, com 13,4% de MO. O baixo valor encontrado pode ser atribuído ao rearranjo das partículas do solo, predominando vazios no solo, proporcionado pelo período de 30 anos de ausência de revolvimento na área.

Para Kiehl (1979), o solo ideal para a produção agrícola deve apresentar 0,500 m³ m⁻³ de porosidade total, sendo 0,170 m³ m⁻³ de Ma e 0,330 m³ m⁻³ de Mi. Ainda de acordo com o autor, a maioria das plantas desenvolvem satisfatoriamente o sistema radicular quando o volume de Ma está acima de 0,100 m³ m⁻³.

Os valores médios de Ma1 e Ma2 (Tabela 3), de 0,081 m³ m⁻³ e 0,080 m³ m⁻³, respectivamente, foram inferiores aos de Ma (0,220 e 0,130 m³ m⁻³), observados por Prevedello et al. (2013), avaliando um Argissolo Vermelho-Amarelo, na camada de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Os mesmos autores encontraram 0,230 e 0,280 m³ m⁻³, para Mi, discordando do valor encontrado no presente trabalho de, 0,310 m³ m⁻³ e 0,331 m³ m⁻³, para Mi1 e Mi2, respectivamente (Tabela 3). A Ma observada no estudo tem relação com o teor de areia do solo, alterando a proporção entre Ma e Mi, pois os microporos encontram-se dentro dos agregados que tendem a ser formados pela argila.

Os valores médios da DS1 (1,479 kg dm⁻³) e DS2 (1,519 kg dm⁻³), sob cultivo de Eucalipto (Tabela 3), foram considerados acima da faixa considerada ideal. Segundo Arshad et al. (1996), valores acima de 1,400 kg dm⁻³ restringem o crescimento radicular em solo argiloso. Prevedello et al. (2013) verificaram em um Argissolo Vermelho-Amarelo valores de DS de 1,330 kg dm⁻³ na profundidade de 0,00-0,10 m, e de 1,56 kg dm⁻³, na profundidade de 0,10-0,20 m. Os autores relataram que nas camadas superficiais acumulam-se maior quantidade de resíduos orgânicos e raízes de plantas, que após sofrerem o processo de decomposição pela microbiota do solo, resultam em altos teores de MO, que favorecem a agregação e a melhoria da estrutura, ocasionando a redução da DS, fato este não observado no presente trabalho, para a área sob cultivo de Eucalipto, esse resultado possivelmente está relacionado ao elevado tempo de pousio da área (30 anos).

Em relação à RP, os níveis críticos podem variar com o tipo de solo e com a espécie cultivada. Porém, quando a coleta dos dados de RP é realizada no momento em que a umidade do solo equivale aproximadamente a 2/3 da Mi (solo friável). Inúmeros trabalhos, como os de Santos et al. (2005), Freddi et al. (2006) e Lima et al. (2010), têm adotado a seguinte classificação de Arshad et al. (1996): a) extremamente baixa: $RP < 0,01$ MPa; b) muito baixa: $0,01 \leq RP < 0,1$ MPa; c) baixa: $0,1 \leq RP < 1,0$ MPa; d) moderada: $1,0 \leq RP < 2,0$ MPa; e) alta: $2,0 \leq RP < 4,0$ MPa; f) muito alta: $4,0 \leq RP < 8,0$ MPa; e g) extremamente alta: $RP > 8,0$ MPa.

Os valores presentes de UG1 ($0,120 \text{ kg kg}^{-1}$), UG2 ($0,115 \text{ kg kg}^{-1}$), UV1 ($0,178 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e UV2 ($0,175 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e os valores medianos da RP1 (4,694 MPa) e RP2 (6,200 MPa), (Tabela 3), foram tidos como muito alto, segundo Arshad et al. (1996), sendo que valores maiores que 2,000 MPa representam restrição no desenvolvimento radicular da maioria das culturas. No entanto, em solos não revolvidos anualmente são toleráveis valores de RP de até 4,000 MPa, devido à permanência e continuidade de poros, atividade biológica mais ativa e maior estabilidade de agregados (CARVALHO et al., 2012).

A análise descritiva dos atributos do solo sob cultivo de Eucalipto (Tabela 4), mostrou baixa variabilidade do coeficiente de variação para Areia3 (6,80%), Areia4 (7,21%), Argila3 (10,01%), Argila4 (9,30%), DP3 (2,67%), DP4 (2,97%), PTc3 (8,81%), PTc4 (7,54%), PTd3 (8,29%), PTd4 (8,57%), Mi3 (7,12%), Mi4 (6,36%), DS3 (6,07%) e DS4 (6,05%), resultados diferentes dos obtidos por Sena et al. (2017), estudando um Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob plantações de Eucalipto de diferentes idades e uma área preservada de Cerrado, para DS (7,00%) e Ma (55,00%) Mi (20,00%) e PT(19,00%).

Tabela 4 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob cultivo de Eucalipto.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	3	579	56	365	2,618	0,436	0,420	0,077	0,343	1,474	0,127	5,127	0,188
	4	559	57	384	2,645	0,466	0,440	0,077	0,362	1,408	0,131	4,323	0,184
Mediana	3	588	57	366	2,632	0,447	0,425	0,075	0,343	1,449	0,128	4,358	0,197
	4	568	58	378	2,667	0,474	0,446	0,072	0,366	1,409	0,135	3,729	0,187
Máx.	3	639	70	439	2,703	0,520	0,485	0,141	0,386	1,657	0,151	17,188	0,223
	4	620	75	457	2,740	0,537	0,504	0,137	0,400	1,576	0,154	10,012	0,223
Mín.	3	497	26	307	2,410	0,357	0,351	0,033	0,285	1,264	0,093	3,083	0,119
	4	487	26	326	2,410	0,385	0,349	0,020	0,304	1,235	0,097	2,576	0,145
D. Padrão	3	39,393	9,611	36,562	0,070	0,038	0,034	0,030	0,024	0,089	0,016	3,103	0,025
	4	40,297	11,876	35,765	0,078	0,035	0,037	0,032	0,023	0,085	0,016	1,890	0,020
CV	3	6,80	17,11	10,01	2,67	8,81	8,29	38,89	7,12	6,07	12,64	60,53	13,57
	4	7,21	20,93	9,30	2,97	7,54	8,57	41,84	6,36	6,05	12,72	43,72	11,11
Curto.	3	-0,634	2,79	-0,659	2,425	0,100	-0,582	0,699	0,316	0,559	-0,160	10,602	1,411
	4	-0,932	0,951	-0,717	3,092	0,020	0,089	-0,875	1,003	-0,376	-0,169	3,294	-0,194
Assim.	3	-0,434	-1,311	0,265	-1,394	-0,183	-0,387	0,465	-0,495	0,244	-0,610	3,208	-1,286
	4	-0,34	-0,829	0,292	-1,857	-0,424	-0,564	0,230	-0,914	0,106	-0,876	1,885	-0,404
Pr<w	3	0,402	0,025	0,546	0,003	0,772	0,353	0,186	0,368	0,089	0,226	0,000	0,007
	4	0,221	0,090	0,637	0,000	0,654	0,535	0,472	0,133	0,887	0,016	0,000	0,506
DF	3	NO	TN	NO	IN	NO	NO	NO	NO	NO	NO	IN	IN
	4	NO	NO	NO	IN	NO	NO	NO	NO	NO	TN	IN	NO

Nota: Areia3, Areia4, Silte3, Silte4, Argila3, Argila4, DP3, DP4, PTc3, PTc4, PTd3, PTd4, RP3, RP4, Ma3, Ma4, Mi3, Mi4, DS3, DS4, UG3, UG4, RP3, RP4, UV3 e UV4 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,20-0,30 e 0,30-0,40m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Foram observadas de média a alta variabilidade para Silte3 (17,11%), Silte4 (20,93%), UG3 (12,64%), UG4 (12,72%), UV3 (13,57%) e UV4 (11,11%) (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Lima et al. (2010), em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado. Os autores observaram valores de CV para UV iguais a 11,55%. Rosa Filho et al. (2011) verificaram, em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de *Eucalyptus urophylla*, CV de 13,1% para UG na camada de 0,20-0,30 m.

Para os atributos do solo, sob cultivo de Eucalipto (Tabela 4), Ma3, Ma4, RP3 e RP4, foi observada variabilidade muito alta do coeficiente de variação, 38,89 a 60,53%. Da mesma forma, Rosa Filho et al. (2011) verificaram, em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de *Eucalyptus urophylla*, CV de 21,5% para RP na camada de 0,20-0,30 m.

Para os atributos PTc3, PTc4, PTd3, PTd4, DS3, DS4, UG3 e UV4, a distribuição de frequência foi do tipo normal, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,089 a 0,887, a 5% de probabilidade (Tabela 4). Quanto aos atributos do solo, sob cultivo de Eucalipto (Tabela 4), DP3, DP4, RP3, RP4 e UV3, a distribuição de frequência foi do tipo indeterminada, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,000 a 0,007, a 5% de probabilidade. A não normalidade dos dados pode estar atribuída à heterogeneidade da área.

O valor médio da DS3 (1,474 kg dm⁻³) foi considerado elevado na profundidade de 0,20-0,30 m (Tabela 4), valor esse acima do crítico (1,400 kg dm⁻³), para solos argilosos (ARSHAD et al., 1996), o que poderia dificultar o desenvolvimento radicular. Já os valores médios de porosidade do solo apresentaram-se entre 0,420 m³ m⁻³ (PTd3) e 0,440 m³ m⁻³ (PTd4) (Tabela 4), inferiores aos observados por Prevedello et al. (2013), em um Argissolo Vermelho-Amarelo encontraram valores de PTd de 0,400 e 0,370 m³ m⁻³ nas profundidades de 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m.

Observou-se que os valores de Ma3 e Ma4 iguais a 0,077 m³ m⁻³, sob a área de Eucalipto, ficaram abaixo valor limite de 0,100 m³ m⁻³, que representa o valor de referência que limita o crescimento de raízes e as trocas gasosas. Esses valores são inferiores aos resultados obtidos por Prevedello et al. (2013), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, que encontraram valores de Ma de 0,130 e 0,100 m³ m⁻³, nas profundidades de 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m, respectivamente.

De acordo com a classificação da RP (ARSHAD et al., 1996), os valores médios observados, na área de Eucalipto (Tabela 4), de RP3 (5,127 MPa) e RP4 (4,323 MPa)

enquadraram-se na faixa de alta RP. As médias variaram entre 4,323 MPa (RP4) e 6,200 MPa (RP2) (Tabelas 3 e 4), apresentando dessa forma, uma tendência não linear em profundidade, uma vez que a RP1 (4,694 MPa) apresentou valor menor que o máximo constatado na segunda camada. Esses resultados corroboraram com os observados por Lima et al. (2010), em um Latossolo Vermelho Distrófico. Os elevados valores de RP foram obtidos principalmente em função dos baixos valores da UG, os quais variaram entre 0,115 kg kg⁻¹ (UG2) e 0,131 kg kg⁻¹ (UG4) (Tabelas 3 e 4). Na área de Eucalipto, os teores médios de UV3 (0,188 m³ m⁻³) e UV4 (0,184 m³ m⁻³) (Tabela 4). Provavelmente, esse valor foi resultante da elevada Mi, e em conjunto com o elevado teor de argila, auxiliaram no armazenamento de água no solo.

A análise descritiva dos atributos do solo, sob Mata Ciliar (Tabela 5) mostrou baixa variabilidade para Areia1 (4,78%), Areia2 (5,96%), Argila1 (7,64%), Argila2 (8,05%), DP1 (2,14%), DP2 (2,26%), PTc1 (6,94%), PTc2 (4,34%), PTd1 (6,75%), PTd2 (7,83%), Mi1 (8,27 %), Mi2 (7,81%), DS1 (6,41%), DS2 (3,96%), UG2 (5,99%) e UV2 (7,71%); média para UG1 (10,90%), RP2 (18,70%) e UV1 (12,15%); alta para Silte1 (21,19%), Silte2 (23,25%) e RP1 (24,04%) e muito alta para Ma1 (64,98%) e Ma2 (86,81%). Em geral, os dados foram similares aos relatados por Lima et al. (2009), que avaliando um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, de uma área de vegetação secundária em regeneração natural há aproximadamente 30 anos, na profundidade de 0,00-0,20 m. Os autores observaram baixa variabilidade para PTc (5,74%), Mi (5,85%), DS (4,52%) e UG (7,53%), média variabilidade para Ma (19,97%) e alta variabilidade para RP (22,32%). Nesse sentido, notou-se que grande parte dos atributos estudados apresentou de baixa a média variabilidade, indicando que nesses locais aconteceu moderada heterogeneidade.

Tabela 5 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob Mata Ciliar.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	1	542	65	392	2,621	0,488	0,446	0,054	0,393	1,340	0,155	2,575	0,207
	2	516	67	417	2,637	0,490	0,466	0,043	0,423	1,343	0,162	4,397	0,218
Mediana	1	542	70	391	2,632	0,484	0,447	0,047	0,397	1,358	0,157	2,511	0,207
	2	516	68	418	2,667	0,488	0,460	0,027	0,429	1,345	0,162	4,482	0,215
Máx.	1	594	90	468	2,740	0,561	0,504	0,144	0,445	1,487	0,183	4,604	0,258
	2	581	102	482	2,740	0,531	0,590	0,139	0,483	1,461	0,182	5,871	0,261
Mín.	1	494	39	346	2,500	0,427	0,389	0,002	0,332	1,160	0,125	1,494	0,155
	2	463	32	365	2,500	0,452	0,413	0,003	0,334	1,266	0,141	1,949	0,186
D. Padrão	1	25,961	13,827	29,994	0,056	0,033	0,030	0,035	0,032	0,085	0,016	0,619	0,025
	2	30,797	15,489	33,599	0,059	0,021	0,036	0,037	0,033	0,053	0,009	0,822	0,016
CV	1	4,78	21,19	7,64	2,14	6,94	6,75	64,98	8,27	6,41	10,90	24,04	12,15
	2	5,96	23,25	8,05	2,26	4,34	7,83	86,81	7,81	3,96	5,99	18,70	7,71
Curto.	1	-0,260	-0,667	0,365	-0,101	0,041	-0,734	0,387	-0,839	-0,319	-0,718	3,809	0,075
	2	-0,529	0,385	-0,659	-0,223	-0,699	5,207	0,919	1,105	-0,633	-0,060	2,497	0,381
Assim.	1	-0,179	-0,268	0,616	0,175	0,305	0,134	0,902	-0,280	-0,381	-0,064	1,219	0,092
	2	-0,004	-0,131	0,466	-0,569	0,098	1,952	0,000	0,446	0,347	-0,142	-0,979	0,610
Pr<w	1	0,727	0,535	0,405	0,331	0,650	0,760	0,082	0,362	0,567	0,516	0,023	0,898
	2	0,821	0,727	0,211	0,143	0,655	0,000	0,000	0,444	0,366	0,997	0,069	0,407
DF	1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TN	NO
	2	NO	NO	NO	NO	NO	IN	IN	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: Areia1, Areia2, Silte1, Silte2, Argila1, Argila2, DP1, DP2, PTc1, PTc2, PTd1, PTd2, RP1, RP2, Ma1, Ma2, Mi1, Mi2, DS1, DS2, UG1, UG2, RP1, RP2, UV1 e UV2 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com exceção da PTd2, Ma2 e RP1, que apresentaram distribuição de frequência do tipo indeterminada e tendendo a normal, respectivamente, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,000 a 0,023, a 5% de probabilidade (Tabela 5), os demais atributos apresentam distribuição de frequência do tipo normal, embora a não normalidade seja comum quando se trata de dados obtidos na natureza (WEBSTER, 1985). Discorda dos dados observados por Lima et al. (2009), em Argissolo Vermelho-Amarelo, que observaram distribuição não normal para PTc e Ma.

Na área de Mata Ciliar (Tabela 5), os teores médios de Argila1 (392 g kg⁻¹) e Argila2 (417 g kg⁻¹) influenciaram o aumento da Mi e da umidade no solo, sendo o mesmo relatado por Burak et al. (2016), estudando um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, no Estado do Espírito Santo. O teor de argila tem sido destacado como principal responsável pela retenção de água em solos mais intemperizados (CARDUCCI et al., 2011). Carvalho et al. (2013) observaram, em malha amostral, que regiões com maiores teores de argila coincidiram com os maiores teores de umidade observados.

Sob Mata Ciliar (Tabela 5), os valores de PTc1 e PTc2 (0,488 m³ m⁻³ e 0,490 m³ m⁻³), Mi1 e Mi2 (0,393 m³ m⁻³ e 0,423 m³ m⁻³), foram superiores que PTc (0,464 m³ m⁻³) e Mi (0,332 m³ m⁻³), observados por Lima et al. (2009), avaliando um Argissolo Vermelho-Amarelo, e aos observados por Oliveira et al. (2015), avaliando a variabilidade espacial dos atributos físicos em Argissolo Vermelho, com teores de 359 g kg⁻¹ para areia, 313 g kg⁻¹ para silte e 328 g kg⁻¹ para argila, na camada de 0,00-0,20 m, encontraram valores de 0,200 m³ m⁻³ para Mi.

Para DS (Tabela 5), a média de DS1 e DS2 (1,340 e 1,343 kg dm⁻³), concorda com os dados observados por Lima et al. (2009), que obtiveram DS igual a 1,430 kg dm⁻³. Valores inferiores foram constatados por Oliveira et al. (2015), trabalhando em um Argissolo Vermelho, observaram DS igual a 0,890 kg dm⁻³. A DS encontrada na Mata Ciliar pode estar relacionada ao elevado tempo de repouso da área, porém ficou dentro do valor considerado ideal, segundo Arshad et al. (1996), por não restringirem o crescimento radicular em solos argilosos. Desse modo, Pignataro Netto et al. (2009), avaliando os atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo, sob pastagens e um Cerrado nativo, afirmaram que os atributos físicos que mais influenciaram na redução da qualidade do solo foram DS, PT e RP, esse comportamento também foi observado no presente estudo, para os atributos físicos do solo na área sob Mata Ciliar (Tabela 5).

A análise descritiva dos atributos do solo, sob Mata Ciliar (Tabela 6) mostrou baixa variabilidade para Areia3 (5,39%), Areia4 (4,38%), Argila3 (6,15%), Argila4 (5,28%), DP3 (1,68%), DP4 (1,40%), PTc3 (5,97%), PTc4 (5,60%), PTd3 (5,70%), PTd4 (6,47%), Mi3 (7,20%), Mi4 (6,22%), DS3 (4,83%), DS4 (5,75%), UG3 (6,13%), UG4 (5,45%), UV3 (5,87%) e UV4 (6,94%); alta para Silte3 (21,86%), Silte4 (25,56%), RP3 (22,08%) e RP4 (23,28%); e muito alta para Ma3 (77,21%) e Ma4 (80,54%). Montanari et al. (2008), estudando a variabilidade espacial dos atributos físicos de um Latossolo, no Cerrado, cultivado com soja em plantio direto, observaram baixa variabilidade para PT, Mi e DS, na camada de 0,00-0,40 m. Carvalho et al. (2013), estudando um Latossolo Vermelho, observaram CV muito alto para RP (44,5 e 52,8%), na camada de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Tabela 6 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob Mata Ciliar.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	3	485	68	447	2,644	0,480	0,454	0,036	0,418	1,374	0,170	4,986	0,233
	4	459	69	473	2,668	0,507	0,472	0,031	0,441	1,314	0,173	5,264	0,228
Mediana	3	480	72	442	2,632	0,486	0,455	0,028	0,426	1,360	0,169	4,842	0,234
	4	455	73	470	2,667	0,511	0,479	0,023	0,438	1,292	0,172	5,019	0,232
Máx.	3	535	88	508	2,740	0,519	0,488	0,123	0,468	1,537	0,200	7,390	0,260
	4	495	96	533	2,703	0,562	0,525	0,094	0,502	1,470	0,196	7,949	0,255
Mín.	3	440	37	411	2,597	0,469	0,396	0,011	0,353	1,292	0,155	2,071	0,206
	4	424	32	427	2,597	0,448	0,414	0,002	0,378	1,152	0,160	3,252	0,185
D. Padrão	3	26,159	14,875	27,476	0,044	0,028	0,025	0,028	0,030	0,066	0,010	1,101	0,013
	4	20,125	17,523	25,000	0,038	0,028	0,030	0,025	0,027	0,075	0,009	1,226	0,015
CV	3	5,39	21,86	6,15	1,68	5,97	5,70	77,21	7,20	4,83	6,13	22,08	5,87
	4	4,38	25,56	5,28	1,40	5,60	6,47	80,54	6,22	5,75	5,45	23,28	6,94
Curto.	3	-0,858	-0,898	-0,206	-0,917	1,392	0,154	3,240	-0,517	1,075	1,388	1,369	-0,541
	4	-0,949	-0,234	0,134	-1,190	-0,289	-0,680	1,143	0,168	-0,040	0,367	-0,162	1,327
Assim.	3	0,167	-0,533	0,780	0,509	-1,292	-0,954	1,863	-0,461	1,261	0,942	-0,245	0,023
	4	0,291	-0,628	0,451	-0,528	-0,372	-0,313	1,357	0,083	0,288	0,923	0,710	-0,958
Pr<w	3	0,693	0,080	0,056	0,004	0,004	0,014	0,000	0,442	0,004	0,116	0,459	0,964
	4	0,275	0,126	0,953	0,000	0,696	0,266	0,001	0,626	0,460	0,045	0,116	0,117
DF	3	NO	TN	NO	IN	IN	TN	IN	NO	IN	NO	NO	NO
	4	NO	NO	NO	IN	NO	NO	IN	NO	NO	TN	NO	NO

Nota: Areia3, Areia4, Silte3, Silte4, Argila3, Argila4, DP3, DP4, PTc3, PTc4, PTd3, PTd4, RP3, RP4, Ma3, Ma4, Mi3, Mi4, DS3, DS4, UG3, UG4, RP3, RP4, UV3 e UV4 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os atributos do solo Areia3, Areia4, Silte4, Argila3, Argila4, PTc4, PTd4, Mi3, Mi4, DS4, UG3, RP3, RP4, UV3 e UV4 apresentaram distribuição de frequência do tipo normal, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,056 a 0,964 (Tabela 6). Montanari et al. (2008), trabalhando em um Latossolo, observaram distribuição de frequência do tipo normal para PT (0,161 a 0,895), Mi (0,234 a 0,828) e DS (0,128 a 0,493), na camada de 0,00-0,40 m.

Na área de Mata Ciliar (Tabela 6) foi observado dominância nos teores médios de Areia3 (485 g kg⁻¹) e Areia4 (459 g kg⁻¹). Lima et al. (2014), avaliando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo, sob cultivo de feijão caupi e mata nativa, verificaram teores de argila (301,8 g kg⁻¹), areia (553,8 g kg⁻¹) e silte (144,4 g kg⁻¹) na camada de 0,20-0,40 m, semelhantes. Em relação à DP, os valores médios, DP3 e DP4, foram iguais a, respectivamente 2,644 e 2,668 kg dm⁻³, concordando com Oliveira et al. (2015), que encontraram DP igual a 2,630 kg dm⁻³.

Sob Mata Ciliar (Tabela 6), os valores médios de PTd3 e PTd4 foram de, respectivamente, 0,454 e 0,472 m³ m⁻³, concordando com Montanari et al. (2008), que trabalhando em um Latossolo, encontraram valores de PTd de 0,454 a 0,494 m³ m⁻³, na camada de 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m, respectivamente. De forma geral, a PT, a Ma e a Mi, sob Mata Ciliar, apresentam valores médios semelhantes aos descritos por Kiehl (1979) para um solo ideal para o desenvolvimento das plantas (0,500 m³ m⁻³ de PT, 0,170 m³ m⁻³ de Ma, responsável pela troca gasosa e 0,330 m³ m⁻³ de Mi, responsável pelo armazenamento de água), com um aumento dos valores de Mi e ligeira diminuição dos valores de PT e Ma.

Verificou-se que a RP, sob Mata Ciliar, apresentou uma tendência linear de aumento de valores em profundidade (Tabelas 5 e 6), tidos como alto e muito alto, pela classificação de Arshad et al. (1996), para RP1 (2,575 MPa), RP2 (4,397 MPa), RP3 (4,986 MPa), RP4 (5,264 MPa). Ainda que o teor de água no solo estivesse próximo da capacidade campo (0,17-0,20 kg kg⁻¹), para UG1 (0,155 kg kg⁻¹), UG2 (0,162 kg kg⁻¹), UG3 (0,170 kg kg⁻¹), UG4 (0,173 kg kg⁻¹), os valores de RP poderiam limitar o rendimento vegetal. Porém, a compactação do solo é mais prejudicial em solo seco, sendo que em condições de maior conteúdo de água pode haver crescimento radicular em valores de RP superiores a 4,000 MPa (CARVALHO et al., 2012).

Uma vez que a Mi média das quatro profundidades da área sob Mata Ciliar foi de 0,418 m³ m⁻³ e a DS média de 1,343 kg dm⁻³ e no momento da avaliação da RP, a UG média foi de 0,165 kg kg⁻¹, isso resultou na UV de 0,221 m³ m⁻³. Esse valor (0,221 m³ m⁻³)

representou 52,87% da Mi ($0,418 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), confirmando que os dados de RP foram coletados num teor de água próximo do ideal que é de 2/3 da Mi (solo friável), e que, portanto, podem perfeitamente ser comparados aos da literatura.

A análise descritiva dos atributos do solo sob Pinus (Tabela 7), mostrou baixa variabilidade para Areia1 (4,04%), Areia2 (4,59%), DP1 (2,54%), DP2 (2,14%), PTc1 (9,89%), PTc2 (7,51%), PTd1 (6,59%), PTd2 (6,02%), Mi1 (6,11%), Mi2 (5,70%), DS1 (5,07%), DS2 (5,74%), média para Argila1 (10,01%), Argila2 (10,34%), UG1 (13,66%), UG2 (11,26%), UV1 (12,96%), UV2 (11,95%); alta para RP1 (29,94%) e RP2 (23,81%) e muito alta para Silte1 (70,80%), Silte2 (53,11%), Ma1 (46,70%) e Ma2 (63,58%). Resultados semelhantes foram encontrados por Barbosa et al. (2012), que ao estudarem um Latossolo Vermelho Distrófico utilizado como florestamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 21 anos, em Selvíria-MS. Os autores obtiveram valores de CV alto para RP1 (27,6%) e RP2 (24,2%) na camada de 0,00-0,20 m. Concordando com Burak et al. (2016), avaliando um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café Conilon, cujos valores de CV foram baixo para Mi1 (8,00%), Mi2 (9,00%), DS1 (4,00%), DS2 (5,00%); médios para Argila2 (13,00%); altos para RP2 (23,00%), e muito altos para Silte1 (55,00%) e Silte2 (80,00%), na camada de 0,00-0,20 m.

Tabela 7 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sob Pinus.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	1	648	26	326	2,567	0,387	0,411	0,042	0,368	1,571	0,100	2,020	0,157
	2	624	33	343	2,578	0,424	0,432	0,035	0,396	1,483	0,100	4,349	0,149
Mediana	1	643	23	329	2,564	0,383	0,410	0,039	0,365	1,587	0,101	2,084	0,153
	2	625	38	337	2,564	0,422	0,431	0,033	0,395	1,479	0,103	4,390	0,149
Máx.	1	702	60	386	2,667	0,455	0,456	0,094	0,422	1,737	0,125	2,913	0,195
	2	665	63	427	2,667	0,487	0,495	0,114	0,438	1,678	0,122	6,282	0,193
Mín.	1	594	1	260	2,410	0,296	0,366	0,009	0,335	1,415	0,064	0,166	0,107
	2	553	1	282	2,469	0,362	0,389	0,008	0,353	1,303	0,079	0,855	0,115
D. Padrão	1	26,213	18,324	32,641	0,065	0,038	0,027	0,019	0,022	0,079	0,013	0,605	0,020
	2	28,665	17,741	35,460	0,055	0,031	0,026	0,022	0,022	0,085	0,011	1,035	0,017
CV	1	4,04	70,80	10,01	2,54	9,89	6,59	46,70	6,11	5,07	13,66	29,94	12,96
	2	4,59	53,11	10,34	2,14	7,51	6,02	63,58	5,70	5,74	11,26	23,81	11,95
Curto.	1	-0,293	-1,182	-0,439	0,398	-0,033	-0,474	0,490	0,354	-0,046	0,968	2,866	0,317
	2	0,209	-0,896	0,298	-0,882	-0,326	0,642	4,626	-0,845	0,221	-0,402	4,617	0,535
Assim.	1	0,198	0,328	-0,505	-0,740	-0,306	0,058	0,762	0,770	0,152	-0,555	-1,424	-0,144
	2	-0,704	-0,454	0,397	0,087	0,254	0,609	1,704	-0,002	0,005	-0,441	-1,389	0,009
Pr<w	1	0,717	0,109	0,184	0,135	0,888	0,133	0,357	0,145	0,807	0,616	0,010	0,807
	2	0,258	0,129	0,634	0,090	0,874	0,414	0,003	0,586	0,836	0,327	0,016	0,687
DF	1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TN	NO
	2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	IN	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: Areia1, Areia2, Silte1, Silte2, Argila1, Argila2, DP1, DP2, PTc1, PTc2, PTd1, PTd2, RP1, RP2, Ma1, Ma2, Mi1, Mi2, DS1, DS2, UG1, UG2, RP1, RP2, UV1 e UV2 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,00-0,10- 0,10-0,20 m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com exceção da Ma2 e RP1, na área sob cultivo de Pinus, que apresentaram distribuição de frequência do tipo indeterminada e tendendo a normal, pelo teste Shapiro e Wilk, com valores do teste de normalidade iguais a 0,003 e 0,010, a 5% de probabilidade, respectivamente, os demais atributos do solo apresentam distribuição de frequência do tipo normal pelo teste Shapiro e Wilk, variando de 0,016 a 0,888, a 5% de probabilidade (Tabela 7). Nesse contexto, Barbosa et al. (2012), estudando um Latossolo Vermelho, observaram distribuição normal para RP e UG, variando de 0,313 a 0,922, respectivamente, na camada de 0,00-0,20 m. Por outro lado, Burak et al. (2016), avaliando um Latossolo Vermelho-Amarelo, verificaram que os atributos Silte, Mi, UG e RP não apresentaram distribuição normal, com valores do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965), variando de 0,000 a 0,001, a 5% de probabilidade.

Conforme os resultados referentes às análises da estatística descritiva (Tabelas 7 e 8), as médias da granulometria do solo, na área sob Pinus, apresentaram para Areia1 (648 g kg⁻¹), Areia2 (624 g kg⁻¹), Areia3 (593 g kg⁻¹), Areia4 (576 g kg⁻¹), Silte1 (26 g kg⁻¹), Silte2 (33 g kg⁻¹), Silte3 (34 g kg⁻¹), Silte4 (35 g kg⁻¹), Argila1 (326 g kg⁻¹), Argila2 (343 g kg⁻¹), Argila3 (373 g kg⁻¹), Argila4 (389 g kg⁻¹). Valores parecidos foram observados por Rodrigues et al. (2007), avaliando os atributos físicos de um Latossolo, sob plantio de Pinus, no Cerrado, cujos teores de areia, silte e argila foram de 632, 161 e 207 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 8 - Análise descritiva inicial de alguns atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, coletados nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, sob sob Pinus.

Est. Desc.	Pro.	Areia	Silte	Argila	DP	PTc	PTd	Ma	Mi	DS	UG	RP	UV
	m	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³	kg kg ⁻¹	MPa	m ³ m ⁻³	
Média	3	593	34	373	2,598	0,440	0,444	0,036	0,408	1,452	0,110	5,615	0,161
	4	576	35	389	2,595	0,473	0,472	0,052	0,422	1,366	0,112	6,010	0,153
Mediana	3	589	35	368	2,597	0,438	0,445	0,032	0,406	1,438	0,111	5,698	0,158
	4	569	33	394	2,597	0,467	0,468	0,042	0,426	1,390	0,113	6,081	0,151
Máx.	3	650	60	428	2,667	0,497	0,497	0,111	0,449	1,590	0,135	7,488	0,206
	4	682	78	448	2,667	0,553	0,537	0,225	0,473	1,452	0,130	7,308	0,180
Mín.	3	525	1	307	2,469	0,388	0,395	0,003	0,358	1,307	0,087	3,614	0,130
	4	516	3	287	2,532	0,430	0,400	0,004	0,231	1,160	0,090	3,123	0,127
D. Padrão	3	33,498	17,085	30,371	0,056	0,034	0,034	0,026	0,027	0,078	0,011	1,045	0,017
	4	38,069	16,894	37,857	0,050	0,028	0,027	0,047	0,048	0,074	0,010	0,967	0,014
CV	3	5,64	49,55	8,15	2,19	7,72	7,74	73,83	6,65	5,40	10,23	18,61	11,12
	4	6,60	48,60	9,73	1,95	6,10	5,72	89,59	11,37	5,47	9,16	16,09	9,47
Curto.	3	-0,510	-0,786	-0,241	-0,476	-1,137	-1,509	1,604	-0,953	-1,100	0,074	-0,622	0,279
	4	0,933	0,451	0,982	-1,400	0,850	1,934	7,306	10,475	1,151	-0,033	1,874	-0,775
Assim.	3	-0,281	-0,384	0,052	-0,631	0,039	0,032	1,209	-0,246	0,019	0,305	0,029	0,538
	4	0,710	0,397	-0,748	0,274	0,968	0,095	2,484	-2,767	-1,206	-0,400	-1,073	0,286
Pr<w	3	0,318	0,147	0,860	0,027	0,184	0,048	0,020	0,302	0,389	0,822	0,955	0,674
	4	0,176	0,956	0,393	0,003	0,071	0,024	0,000	0,000	0,007	0,670	0,089	0,286
DF	3	NO	NO	NO	TN	NO	TN	TN	NO	NO	NO	NO	NO
	4	NO	NO	NO	IN	TN	TN	IN	IN	IN	NO	NO	NO

Nota: Areia3, Areia4, Silte3, Silte4, Argila3, Argila4, DP3, DP4, PTc3, PTc4, PTd3, PTd4, RP3, RP4, Ma3, Ma4, Mi3, Mi4, DS3, DS4, UG3, UG4, RP3, RP4, UV3 e UV4 são respectivamente a Areia do solo, Silte do solo, Argila do solo, densidade da partícula, porosidade total calculada, porosidade total determinada, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica coletados nas camadas do solo de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em relação à DP (Tabelas 7 e 8), os valores médios variaram de 2,567 a 2,598 kg dm⁻³, para as quatro profundidades avaliadas, concordando com Rodrigues et al. (2007), que observaram valores de 2,730 a 2,750 kg dm⁻³, para DP, indicando assim, ausência de variação em profundidades e homogeneidade do material de origem.

Conforme os resultados referentes às análises de estatística descritiva para os atributos do solo sob Pinus (Tabelas 7 e 8), os valores médios para PTd1 (0,411 m³ m⁻³), PTd2 (0,432 m³ m⁻³), PTd3 (0,444 m³ m⁻³), PTd4 (0,472 m³ m⁻³), Mi1 (0,368 m³ m⁻³), Mi2 (0,396 m³ m⁻³), Mi3 (0,408 m³ m⁻³), Mi4 (0,422 m³ m⁻³), DS1 (1,571 kg dm⁻³), DS2 (1,483 kg dm⁻³), DS3 (1,452 kg dm⁻³) e DS4 (1,366 kg dm⁻³) apresentam tendência linear de diminuição em profundidade no solo. Para DS, os valores ficaram acima do crítico (1,400 kg dm⁻³) para solos argilosos (ARSHAD et al., 1996) podendo dificultar o desenvolvimento radicular. Os elevados valores de RP1 (2,020 MPa), RP2 (4,349 MPa), RP3 (5,615 MPa) e RP4 (6,010 MPa) foram obtidos principalmente em função dos baixos valores da UG1 (0,100 kg kg⁻¹), UG2 (0,100 kg kg⁻¹), UG3 (0,110 kg kg⁻¹) e UG4 (0,112 kg kg⁻¹).

No âmbito de Ma, na área sob Pinus, para Ma1 (0,042 m³ m⁻³) e Ma2 (0,035 m³ m⁻³) (Tabela 8), os valores ficaram abaixo do valor limite de 0,100 m³ m⁻³, que pode limitar o crescimento de raízes e as trocas gasosas. Valores superiores para Ma foram observados por Corrêa e Bellote (2011), que estudando os atributos do solo de um povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, obtiveram na camada de 0,00-0,20 m, Ma variando de 0,230 a 0,320 m³ m⁻³.

A análise descritiva dos atributos do solo, sob Pinus (Tabela 8) mostrou baixa variabilidade para Areia3 (5,64%), Areia4 (6,60%), Argila3 (8,15%), Argila4 (9,73%), DP3 (2,19%), DP4 (1,95%), PTc3 (7,72%), PTc3 (6,10%), PTd3 (7,74%), PTd4 (5,72%), Mi3 (6,65%), DS3 (5,40%), DS4 (5,47%), UG4 (9,16%) e UV4 (9,47%); média para Mi4 (11,37%), UG3 (10,23%), RP3 (18,61%), RP4 (16,09%) e UV3 (11,12%) e muito alta para Silte3 (49,55%), Silte4 (48,60%), Ma3 (73,83%), Ma4 (89,59%). Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Barbosa et al. (2012), em um Latossolo Vermelho, que obtiveram alta variabilidade para RP3, e por Mota Júnior et al. (2017), que avaliando a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta de Índio, sob cultivo de café, encontraram baixa variabilidade para PTd3 (3,85%), Mi3 (6,12%), DS3 (3,33%) e alta para RP3 (23,52%).

Na área sob cultivo de Pinus (Tabela 8), com exceção da DP4, Ma4, Mi4 e DS4, que apresentaram distribuição de frequência do tipo indeterminada, com valores de 0,000 a 0,007,

pelo teste Shapiro e Wilk, e a DP3, PTc4, PTd3, PTd3 e Ma3, que apresentaram distribuição de frequência do tipo tendendo a normal, com valores de 0,020 a 0,071, os demais atributos apresentam distribuição do tipo normal. Concordando com os dados observados por Barbosa et al. (2012), estudando um Latossolo Vermelho, que verificaram distribuição normal para RP3 e UG3 com valores de 0,093 e 0,412.

Em relação aos atributos físicos do solo, na área sob Pinus, apresentados (Tabela 8), os valores médios de DS3 (1,452 kg dm⁻³), PT3c (0,440 m³ m⁻³), PTd3 (0,444 m³ m⁻³), Ma3 (0,036 m³ m⁻³) e Ma4 (0,052 m³ m⁻³) foram semelhantes aos observados por Corrêa e Bellote (2011), em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, na camada de 0,20-0,30 m, com DS de 1,50 kg dm⁻³ e PT igual a 0,480 m³ m⁻³. Morales et al. (2010), avaliando diferentes sítios com a produção de *Pinus taeda*, obtiveram valores de Ma de 0,050 a 0,070 m³ m⁻³, na camada de 0,00-0,40 m, verificando valores abaixo do limite de 0,100 m³ m⁻³, que representa o valor de referência que pode limitar o crescimento de raízes e as trocas gasosas.

Os valores médios de RP e UG, na área sob Pinus (Tabela 8), foram de 5,615 a 6,010 MPa, para RP3 e RP4, e 0,110 a 0,112 kg kg⁻¹, para UG3 e UG4, respectivamente. Os altos valores de RP foram relacionados ao menor teor de água (UG) nessas profundidades.

4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO, NAS ÁREAS SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, MATA CILIAR E PINUS

Os atributos granulométricos (Tabela 9) apresentaram diferença a 1% de probabilidade, pelo teste F, entre as áreas estudadas, e verificou se dominância na fração de areia, em todas as profundidades das áreas avaliadas. A área de Mata Ciliar evidenciou menores teores de areia (459 a 542 g kg⁻¹) para as quatro profundidades, e maiores teores de silte (65 a 69 g kg⁻¹) e argila (392 a 473 g kg⁻¹). Os resultados corroboraram com os de Cavenage et al. (1999), estudando os atributos físicos de um Latossolo Vermelho, na mesma área experimental e profundidade avaliada. Eles obtiveram menores valores de areia (506 g kg⁻¹) e maiores teores de silte (65 g kg⁻¹) e argila (427 g kg⁻¹) para área com Mata Ciliar, em comparação às áreas de Eucalipto e Pinus. A variação do teor de argila na Mata Ciliar está relacionada à posição da área na toposequência (sopé), tendo influenciado nos processos de drenagem, erosão e deposição de material de origem nessa região, visto que nas camadas avaliadas o teor de partículas foi o semelhante.

Tabela 9 - Atributos de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus.

Profundidade	Média ¹			CV	F Calc.
	Eucalipto	Mata Ciliar	Pinus		
	----- Areia (g kg⁻¹) -----			%	
1	611 b	542 c	648 a	5,93	57,029**
2	599 b	516 c	624 a	6,07	64,183**
3	579 a	485 b	593 a	6,06	76,780**
4	559 a	459 b	576 a	6,41	86,809**
	----- Silte (g kg⁻¹) -----				
1	57 a	65 a	26 b	28,72	53,472**
2	56 b	67 a	33 c	27,95	34,043**
3	56 b	68 a	34 c	26,86	35,861**
4	57 b	69 a	35 c	29,31	30,073**
	----- Argila (g kg⁻¹) -----				
1	332 b	392 a	326 b	10,65	24,097**
2	345 b	417 a	343 b	9,87	34,158**
3	365 b	447 a	373 b	8,03	50,769**
4	384 b	473 a	389 b	8,03	55,595**

Nota: 1 = Camadas do solo de 0,00-0,10 m; 2 = Camada do solo de 0,10-0,20 m; 3 = Camada do solo de 0,20-0,30 m e 4 = Camada do solo de 0,30-0,40 m; * Significativo a 5%, ** Significativo a 1%; ⁽¹⁾ Valores médios; **Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Em relação à DP (Tabela 10), as áreas apresentaram diferença, pelo teste F, a 1 e 5% de probabilidade. A Mata Ciliar apresentou valores de DP1 superiores em comparação com os valores das áreas sob cultivo de Eucalipto e Pinus, a 1% de probabilidade, enquanto para a DP3, a área sob Mata Ciliar apresentou valor superior à área de Pinus, com 5% de probabilidade pelo teste F. Em relação a DP4, sob Eucalipto e Mata Ciliar, os valores foram superiores à área sob Pinus, com diferença a 1% de probabilidade, pelo teste F. De modo geral, nos três tratamentos, ocorreram pouca amplitude no valor de DP, variando de 2,524 até 2,688 kg dm⁻³. Nos solos da região onde o trabalho foi desenvolvido tem-se como minerais predominantes caulinita e quartzo, além de óxidos de Fe (hematita e magnetita), esses últimos contribuem para o aumento da DP. Enquanto a MO, com DP ao redor de 1,200 kg dm⁻³, contribui para o seu abaixamento. Essa combinação de minerais e MO, geram solos com densidade na ordem de 2,600 a 2,700 kg dm⁻³ (VAN LIER, 2010). Em associação com essas informações, os dados obtidos no presente trabalho evidenciaram a presença de partículas de mesma natureza mineral, nas três áreas avaliadas.

Tabela 10 - Atributos de um Latossolo Vermelho distrófico, sob cultivo de Eucalipto, Mata Ciliar e Pinus.

Profundidade	Média ¹			CV	F Calc.
	Eucalipto	Mata Ciliar	Pinus		
	----- DP (kg dm ⁻³) -----			%	
1	2,524 b	2,621 a	2,568 b	2,78	11,590**
2	2,599	2,637	2,578	3,25	3,073
3	2,618 ab	2,644 a	2,598 b	2,22	3,968*
4	2,645 a	2,688 a	2,595 b	2,21	10,260**
	----- PTc (m ³ m ⁻³) -----				
1	0,413 b	0,488 a	0,387 b	9,16	44,511**
2	0,414 b	0,490 a	0,424 b	6,74	47,831**
3	0,436 b	0,480 a	0,440 b	7,51	12,388**
4	0,466 b	0,507 a	0,473 b	6,43	12,333**
	----- PTd (m ³ m ⁻³) -----				
1	0,391 b	0,446 a	0,411 b	8,10	17,136**
2	0,411 b	0,466 a	0,432 b	9,02	12,655**
3	0,420 b	0,454 a	0,444 a	7,28	7,520**
4	0,440 b	0,472 a	0,472 a	6,96	8,293**
	----- Ma (m ³ m ⁻³) -----				
1	0,081 a	0,054 b	0,042 b	50,67	11,097**
2	0,080 a	0,043 b	0,035 b	73,26	9,359**
3	0,077 a	0,036 b	0,036 b	56,74	17,231**
4	0,077 a	0,031 b	0,052 b	67,02	10,450**
	----- Mi (m ³ m ⁻³) -----				
1	0,310 c	0,393 a	0,368 b	8,44	50,454**
2	0,331 c	0,423 a	0,396 b	7,12	75,858**
3	0,343 b	0,418 a	0,408 a	7,01	56,119**
4	0,362 b	0,441 a	0,422 a	8,47	34,908**
	----- DS (kg dm ⁻³) -----				
1	1,479 b	1,340 c	1,571 a	6,17	41,571**
2	1,519 a	1,343 b	1,483 a	4,88	43,258**
3	1,474 a	1,374 b	1,452 a	5,49	10,949**
4	1,408 a	1,314 b	1,366 ab	5,78	9,106**
	----- UG (kg kg ⁻¹) -----				
1	0,120 b	0,155 a	0,100 c	13,67	63,001**
2	0,115 b	0,162 a	0,100 c	11,16	129,47**
3	0,127 b	0,170 a	0,110 c	9,46	140,16**
4	0,131 b	0,173 a	0,112 c	9,06	154,82**
	----- RP (MPa) -----				
1	4,694 a	2,575 b	2,020 b	48,52	22,041**
2	6,200 a	4,397 b	4,349 b	41,11	6,633**
3	5,127	4,986	5,615	38,05	0,685
4	4,323 b	5,264 ab	6,010 a	27,23	8,924**
	----- UV (m ³ m ⁻³) -----				
1	0,178 b	0,207 a	0,157 c	14,43	23,401**
2	0,175 b	0,218 a	0,149 c	12,52	58,497**
3	0,188 b	0,233 a	0,161 c	10,13	87,206**
4	0,184 b	0,228 a	0,153 c	9,09	120,040**

Nota: DP = densidade da partícula; PTc = porosidade total calculada; PTd = porosidade total determinada; Ma = macroporosidade; Mi = microporosidade; DS = densidade do solo; UG = umidade gravimétrica; RP = resistência mecânica à penetração e UV = umidade volumétrica; 1 = Camadas do solo de 0,00-0,10 m; 2 = Camada do solo de 0,10-0,20 m; 3 = Camada do solo de 0,20-0,30 m e 4 = Camada do solo de 0,30-0,40 m; * Significativo a 5%, ** Significativo a 1%; ⁽¹⁾ Valores médios; **Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Quando se aplicou o teste F para PTc (Tabela 10), os valores de PTc da Mata Ciliar apresentaram diferenças a 1% de probabilidade, com valores superiores para PTc1, PTc2, PTc3 e PTc4, variando de 0,480 a 0,507 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, em comparação com as áreas de Eucalipto (0,413 a 0,466 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e Pinus (0,387 a 0,473 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). Resultados semelhantes foram observados por Marques et al. (2012), que encontraram valores de PTc variando entre 0,480 e 0,550 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, na profundidade de 0,00-0,40 m, em um Latossolo Amarelo Distrófico em área sob floresta na Amazônia. Os maiores valores de PTc da Mata Ciliar foram relacionados com a variedade de espécies vegetais que contribuem com o acúmulo de material vegetal no solo, alterando a proporção relativa de material mineral e orgânico, reduzindo a DP e aumentando a PTc.

Quanto a PTd (Tabela 10), houve diferenças entre as médias pelo teste F a 1% de probabilidade. Entre as áreas avaliadas, a PTd1 e PTd2, com 0,446 e 0,466 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ da área de Mata Ciliar foram superiores a PTd1 e PTd2 da área de Eucalipto com 0,391 e 0,411 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e a área sob cultivo de Pinus com 0,411 e 0,432 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente. É possível que os elevados valores de PTd na Mata Ciliar estejam relacionados à presença de um maior número de espécies vegetais na área, proporcionando maior variedade de raízes de diferentes diâmetros, causando incrementos na PTd. Os valores médios de PTd3 e PTd4, (Tabela 10), apresentaram diferenças pelo teste F a 1% de probabilidade, a Mata Ciliar com 0,454 e 0,472 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e a área sob cultivo de Pinus com 0,444 e 0,472 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, superiores em comparação com PTd3 e PTd4 da área sob Eucalipto, com valores médios iguais a 0,420 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e 0,440 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente. Possivelmente as diferenças estejam relacionadas com a maior quantidade de Mi presentes nas áreas de Mata Ciliar e de Pinus. Porém, nota-se pelos resultados apresentados que as áreas de Mata Ciliar e Pinus, em termos de distribuição de poros, foram a que apresentaram mais alteradas, principalmente em relação a Ma, bem abaixo do valor crítico (0,100 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

Os valores de Ma diferiram entre as áreas (Tabela 10). Os maiores valores de Ma foram encontrados na área de Eucalipto, variando de 0,077 a 0,081 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, enquanto que os menores valores foram verificados na área de Mata Ciliar e Pinus, com variação entre 0,031 a 0,054 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e 0,035 a 0,052 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente. Os valores de Ma observados na área de Eucalipto podem estar relacionados ao maior aporte de MO (Tabela 1), na camada superficial proveniente serapilheira, composta pela queda de folhas e galhos, além do sistema radicular da cultura, que tende a ter uma concentração maior na camada superficial do solo, contribuindo para o aumento da Ma. Como demonstrado no estudo de Silva et al. (2009b), as

maiores densidades de raízes do Eucalipto ocorrem na superfície do solo, e como reportam Brady e Weil (2013), a morte e decomposição das raízes formam os bioporos, sendo árvores de florestas particularmente eficientes na formação destes poros, aumentando assim a Ma. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves et al. (2017) avaliando sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura muito argilosa, no Cerrado, verificaram que a Mata Nativa apresentou os menores valores de Ma, variando de 0,100 a 0,130 m³ m⁻³, na camada de 0,00 a 0,40 m, em comparação com área de pastejo rotacionado, pastagem contínua e de integração lavoura pecuária.

Os valores de Ma ficaram abaixo do preconizado como ideal por Kiehl (1979), que é 0,170 m³ m⁻³. Ainda de acordo com o autor, a maioria das plantas desenvolve satisfatoriamente o sistema radicular quando o volume de Ma está acima de 0,100 m³ m⁻³. Portanto, as três áreas avaliadas apresentaram valores abaixo das condições ideais, o que sugere que estes solos poderiam não apresentar condições satisfatórias de aeração para o desenvolvimento das culturas. Entretanto, cabe ressaltar que esta observação não é válida para todas as culturas, uma vez que existem plantas que são tolerantes a níveis baixos de aeração do solo (RIBEIRO et al., 2007). Segundo Carter e Kunelius (1986), a Ma se revela como um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo, contudo reflete mais a condição do solo no momento e local da amostragem do que uma condição final ou permanente. Os valores adequados de capacidade de aeração são dependentes das condições climáticas, portanto, os valores críticos de porosidade de aeração devem ser ampliados sob condições mais úmidas (THOMASSON, 1978).

Quando se aplicou o teste F para Mi (Tabela 10), a Mata Ciliar apresentou valores superiores às áreas de Eucalipto e Pinus, com médias para Mi1 e Mi2 iguais a 0,393 e 0,423 m³ m⁻³, respectivamente. Para Mi3 e Mi4, os valores médios foram de 0,418 e 0,441 m³ m⁻³ para área de Mata Ciliar, e de 0,408 e 0,422 m³ m⁻³ para área de Pinus, sendo superiores às médias observadas na área sob cultivo de Eucalipto, com 0,343 e 0,362 m³ m⁻³. Os valores médios de Mi foram superiores aos preconizados por Kiehl (1979) para um solo ideal visando o desenvolvimento das plantas, que é de 0,330 m³ m⁻³. Resultados semelhantes foram observados por Marques et al. (2012), que encontraram valores de Mi variando entre 0,420 e 0,470 m³ m⁻³, na profundidade de 0,00-0,40 m, em um Latossolo Amarelo Distrófico de textura média e argilosa, em área sob floresta na Amazônia. Assim como Alves et al. (2017) verificaram que a Mata Nativa apresentou os maiores valores de Mi, variando de 0,380 a 0,420 m³ m⁻³, na camada de 0,00-0,40 m. A Mi do solo é fortemente influenciada pela textura

e pelo teor de carbono orgânico, portanto como a área de Mata Ciliar possivelmente possui maior quantidade de microagregados provenientes da elevada quantidade de partículas de argila, isso lhe conferiu uma maior quantidade de Mi (FREITAS et al., 2014).

Observando a tabela 10, a DS1 foi estatisticamente inferior na Mata Ciliar, com média de $1,340 \text{ kg dm}^{-3}$, em comparação com a DS1 obtida na área com Eucalipto ($1,479 \text{ kg dm}^{-3}$) e com Pinus ($1,571 \text{ kg dm}^{-3}$). Resultados similares foram observados por Silva et al. (2009a), avaliando um Latossolo Vermelho-Amarelo no Cerrado, em áreas cultivadas há mais de 20 anos com Eucalipto, Pinus e Carvoeiro e uma área adjacente de Cerrado nativo, que obtiveram aumentos na DS nos plantios de Eucalipto e Pinus. De modo geral, a DS2, DS3 e DS4 na área de Mata Ciliar foram inferiores em relação às áreas sob cultivo de Eucalipto e de Pinus. Nas condições sob Mata Ciliar, as espécies que estão sendo utilizadas diferem quanto a dinâmica do sistema radicular, contribuindo para o baixo valor de DS observado nessa área. Segundo Steinbeiss et al. (2009), o baixo valor de DS é resultante da intensa atividade biológica (fauna e raízes), que constrói canais, cavidades e galerias. O aumento de DS em superfície, nas áreas de Eucalipto e Pinus, pode estar relacionado ao tempo de utilização da área, à arquitetura radicular ou mesmo às condições de umidade no preparo e plantio das mudas (COSTA et al., 2003). Os elevados valores de DS podem ainda indicar alterações causadas pela utilização dessas culturas, por ser um atributo fortemente relacionado a RP, que é um importante atributo físico para o estudo da QFS, e estar relacionada a diversos atributos do solo indicadores de compactação (RIBON; TAVARES FILHO, 2008).

Os valores médios de UG do solo (Tabela 10) apresentaram diferenças pelo teste F, a 1% de probabilidade. A Mata Ciliar apresentou valores superiores em relação às outras áreas avaliadas, com UG1, UG2, UG3 e UG4 variando de 0,155 a 0,173 kg kg^{-1} , em comparação à área sob Eucalipto, com 0,115 a 0,131 kg kg^{-1} , e a área sob cultivo de Pinus, com 0,100 e 0,112 kg kg^{-1} . O alto valor observado de UG na área de Mata Ciliar pode estar associado à maior concentração de poros responsáveis pelo armazenamento de água no solo, em comparação as áreas de Eucalipto e Pinus. Assim, estes resultados tendem a estar relacionados à maior capacidade de retenção de água neste local, o que fornece maior teor de água do solo, quando este se encontra em capacidade de campo (MARTINKOSKI et al., 2017). Segundo Reichert et al. (2007), solos em áreas florestais tendem a concentrar e manter a umidade do solo estável devido ao sombreamento e ao acúmulo de MO da serapilheira proveniente das árvores.

Para a RP (Tabela 10), as médias dos tratamentos apresentaram diferenças ao aplicar o teste F a 1% de probabilidade. A área sob Mata Ciliar com RP1 e RP2 iguais a, respectivamente, 2,575 MPa e 4,397 MPa, e a área sob Pinus com RP1 e RP2 iguais a 2,020 e 4,349 MPa, apresentaram os menores valores de RP, em comparação com o Eucalipto, com RP1 e RP2 iguais a 4,694 MPa e 6,200 MPa. Esses valores não indicam necessariamente redução na QFS na área de Eucalipto, de modo geral o manejo inadequado do solo provoca o aumento da RP e da DS, bem como diminuição da PT e do conteúdo de água disponível às plantas (UG e UV), porém de acordo com Zonta et al. (2008), a pressão exercida pelo crescimento radicular promove a aproximação das partículas do solo. E com a absorção de água pelas raízes também ocorre o secamento na região adjacente às raízes, causando um aumento da força de coesão entre as partículas minerais do solo, refletindo no aumento da RP. Outro componente que apresenta relação direta com a RP é a MO, por ela possuir a propriedade de cimentação das partículas, facilitando a formação de estruturas em blocos, pode causar o aumento na RP e da DS (RIBON; TAVARES FILHO, 2008). Isso indica, a necessidade de mais informação a respeito da MO na compactação dos solos tropicais, pois este é um atributo importante para a estimativa da QFS. Cavenage et al. (1999) verificaram comportamento semelhante, em área de Eucalipto observaram maiores valores de RP. Em relação a RP4, foi observada diferença entre os tratamentos, a área sob cultivo de Pinus apresentou o maior valor de RP4 (6,010 MPa) em comparação com a RP4 (4,323 MPa) do Eucalipto. É provável que a consolidação natural do solo e o baixo teor de água na camada de 0,30-0,40 m provocou aumento da coesão e da fricção entre as partículas minerais do solo, tornando-as mais difíceis de serem separadas por forças externas, resultando no aumento da RP4 da área de Pinus (SILVEIRA et al., 2010; SOARES et al., 2015). Esses comportamentos observados na literatura e no estudo, indicam que a faixa crítica de RP para as culturas de Pinus e de Eucalipto devem reconsideradas, visto que nessas áreas as espécies florestais se apresentavam plenamente desenvolvidas sem impedimentos físicos para o crescimento de suas raízes.

As médias de UV (Tabela 10) entre as áreas avaliadas apresentaram diferenças pelo teste F a 1% de probabilidade. A UV1, UV2, UV3 e UV4 da área de Mata Ciliar foram superiores às da área de Eucalipto e a área sob cultivo de Pinus. É provável que a relação entre a baixa DS e a elevada Mi na área de Mata Ciliar tenham contribuído para os elevados teores de UV encontrados na avaliação. Nesse sentido, em relação à UV baixa na área de Eucalipto, tal fato pode estar associado aos valores de Ma que provavelmente reduziram a

disponibilidade de água nessa área. Esses valores, na área de Mata Ciliar, podem indicar uma melhor morfologia e arquitetura dos poros para armazenamento de água, podendo influenciar a taxa de infiltração do solo, diminuindo os problemas de escoamento superficial da água e a produção de sedimentos que contribuem para o assoreamento de cursos d'água, comprometendo sua qualidade (RODRIGUES et al., 2007).

5 CONCLUSÃO

1. As três áreas avaliadas, com *Eucalyptus Camaldulensis*, Mata Ciliar e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* influenciaram à qualidade física do solo.
2. A qualidade física do solo foi influenciada pela densidade do solo, microporosidade, macroporosidade, umidade gravimétrica, resistência mecânica à penetração e umidade volumétrica.
3. Para que se obtenha desenvolvimento florestal sustentável, o ideal é que os sistemas se aproximem da qualidade física do solo da área de Mata Ciliar.
4. A área de *Eucalyptus Camaldulensis* que apresenta a melhor qualidade física do solo, em comparação com a Mata Ciliar.
5. São toleráveis valores de resistência mecânica à penetração de até 6,200; e 6,000 MPa, para uma umidade gravimétrica de 0,115 e 0,112 kg kg⁻¹, sem comprometer o desenvolvimento de *Eucalyptus Camaldulensis* e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. R.; RIBON, A. A.; BACKES, C.; FERNANDES, K. L.; SANTOS, A. J. M.; BARROS L. R. Indicadores físicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso em sistemas de integração na região do cerrado. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 16, p. 3-11, 2017.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical test for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society, 1996. p. 123-141.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 150 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- BARBOSA, C. E. M.; FERRARI, S.; CARVALHO, M. P.; PICOLI, P.R.F.; CAVALLINI, M.C.; BENETT, C.G.S.; SANTOS, D.M.A. Inter-relação da produtividade de madeira do pinus com atributos físico-químicos de um latossolo do cerrado brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 25-35, 2012.
- BHARDWAJ, A. K.; JASROTIA, P.; HAMILTONA, S. K.; ROBERTSON, G. P. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, New York, v. 140, n. 3-4, p. 419-429, 2011.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 685 p.
- BURAK, D. L.; SANTOS, D. A.; PASSOS, R. R. Variabilidade espacial de atributos físicos: Relação com relevo, matéria orgânica e produtividade em café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 455-466, 2016.
- CÂNDIDO, B. C.; SILVA, M. L. N. S.; CURTI, N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R. L.; FERREIRA, M. M. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 589-597, 2015.
- CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A.; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M.; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health?, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 274-289, 2013.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; ZEVIZNI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.

CARGNIN, O. **Alternativas das florestas de *pinus***. [S. l.]: Ambiente Brasil, 2005. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2005/09/27/-alternativas-das-florestas-de-pinus.html>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 147-157, 2009.

CARTER, M. R.; KUNELIUS, H. T. Comparison of tillage and direct drilling for Italian ryegrass on the properties of a fine sandy loam soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 66, n. 2, 197-207, 1986.

CARVALHO, A. P. V. C.; DIAS, H. C. T.; PAIVA, H. N.; TONELLO, K. C. Resistência mecânica do solo à penetração na bacia hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1091-1097, 2012.

CARVALHO, L. C. C.; SILVA, F. M.; FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. C.; STRACIERI, J. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e características agrônomicas da cultura do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 265-275, 2013.

CASTIONI, G. A. F.; SOUZA, Z. M.; SILVA, R. B.; CAMPOS, M.C.C.; TORRES, J. L. R. Modelagem da qualidade do solo para identificação de áreas com potenciais de produtividade do feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 4, p. 402-409, 2015.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p 997-1003, 1999.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB. **Guia do Eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 2008. 20 p. Disponível em: <http://cib.org.br/wpcontent/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf>. Acesso em: 15 de jan. 2018.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 305-314, 2009.

CORRÊA, R. S., BELLOTE, A. F. J. Soil attributes and biomass yield from *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 181-187, 2011.

COSTA, F. S.; ALBURQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetada pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos Cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 1047- 1054, 2002.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. 44 p.

DEXTER, A. R. Soil physical quality - Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, n. 3-4, p.120-201, 2004.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In.: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Org.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.1-20. (Special, 35).

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. New York: Oxford University Press, 1994. p. 288.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Recife, 2013. 20 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo do Pinus**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF, 2011. 230 p.

FPL. Technology Transfer fact sheet. **Pinus taeda L.** USDA Forest Service – FPL–GTR-57, 1988. Disponível em: <<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/SoftwoodNA/htmlDocs/pinustaeda.html>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; CARVALHO, G. J.; VERONESE JUNIOR, V. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

FREITAS, L. C. DE; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G.; Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 293–303, 2007.

- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p. 224-233. 2014.
- HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 273-283. 2016.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório IBÁ**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- JORGE, R. F.; ALMEIDA, C. X.; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R. Distribuição de poros e densidade de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, supl.1, p. 159-169, 2012.
- JUIZO, C. G. F.; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; MARCHESAN, R.; CARVALHOR, D. E.; BILA, N. F.; EGAS, A. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 285-292, 2015.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.16, p. 3-30, 2002.
- KARLEN, D. L.; GARDNER, J. C.; ROSEK, M. J. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n. 1, p. 56-60, 1998.
- KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (A Guest Editorial). **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.
- KIEHL, E. J. Manual de edafologia: **Relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 263 p.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.
- KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: SBs, 2005. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/atualidades.php>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.
- LIMA, A. C. R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M. R.; HOOGMOED, W. B.; GOEDE, R. G. M. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, New York, v. 64, p. 194-200, 2013.
- LIMA, A.F.; JARÁ, E. R. P.; ALFONSO, V. A. Madeira como matéria-prima para fabricação de pasta celulósica. In: PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. p. 129-167.

- LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, M. G.; QUEIROZ, H. A. Atributos físico-químicos de um Latossolo do Cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, 163-173, 2010.
- LIMA, I. M. A.; ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, Estado do Piauí. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.117-124, 2013.
- LIMA, J. R. S.; SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, I. F.; CORRÊA, M. M.; LIRA, C. A. B. O. Atributos físicos-hídricos de um Latossolo Amarelo cultivado e sob mata nativa no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 599-605, 2014.
- LIMA, J. S. L.; SATTLER, M. A.; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C.; SOUZA, G.S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação secundária em regeneração natural. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 185-195, 2009.
- MACDICKEN, K.; JONSSON, Ö.; PIÑA, L.; MARKLUND, L.; MAULO, S.; CONTESSA, V.; ADIKARI, Y.; GARZUGLIA, M.; LINDQUIST, E.; REAMS, G.; R. D'ANNUNZIO. **Global Forest Resources Assessment 2015: How Are the World's Forests Changing ?** Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO): Roma, Italy, 2016.
- MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W.G.; FERREIRA, S. J. F. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 611-622, 2012.
- MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S.O.; WATZLAWICK, L. F. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-9, 2017.
- MONTANARI, R.; CARVALHO, M. D. P. E.; ALVES, M. C.; DAFONTE, J. D.; GONZÁLEZ, A. P.; MACHADO, G. Variabilidad espacial de propiedades físicas de un Ferralsol en Selvíria (MS, Brasil). **Revista Científica Agropecuária**, Campina Grande, v. 12, p. 15-23, 2008.
- MONTANARI, R.; PELLIN, D. M. P.; SILVA JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, M. P.; GIOIA, M. T.; DALCHIAVON, F. C.; GONZÁLEZ, A. P. Correlação entre produção de feijão e atributos físicos de um Latossolo em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 6, p. 772-784, 2013.
- MORAES, M. T. DE.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. DA. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In.: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. p. 34-48.

MORALES, C. A. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; MARANGONI, J. M.; STAHL, J.; CHAVES, D. M. Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* no Planalto Catarinense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 629-640, 2010.

MORO, L. **Exportação de Nutrientes em Povoamentos de *Pinus taeda* L. Baseada em Volume Estimado pelo Sistema Sispinus**. 2005. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MOTA JÚNIOR, P. C.; CAMPOS, M. C. C.; MANTOVANELLI, B. C.; FRANCISCON, U.; CUNHA, J. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em terra preta de índio sob cultivo de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, 260-271, 2017.

NURIA, R.; JÉRÔME, M.; LÉONIDE, C.; CHRISTINE, R.; GÉRARD, H.; ETIENNEI, L.; PATRICK L. IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 43, n. 10, p. 2032-2045, 2011.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JUNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; SIQUEIRA, D. S.; CUNHA, J. M. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 668-681, 2015.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos a com ênfase no semiárido. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 5, n. 3, p. 3-15, 2011.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n.1, p. 40-7, 2013.

PIERI, C. **Progresso da Ferrugem (*Puccinia psidii*) em monocultivo de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e em plantios consorciados com *Acacia mangium***. 2016. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PREVEDELLO, J.; VOGELMANN, E. S.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J. A funcionalidade do sistema poroso do solo em floresta de eucalipto sob Argissolo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 557-566, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R. A Language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

RAMOS, F. T.; MONARI, Y. C.; NUNES, M. C. M.; CAMPOS, D. T. S.; RAMOS, D. T. Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no pantanal matogrossense. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 112-20, 2010.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERRETA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5. p. 49-134.

REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TANA, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v. 110, n. 1-2, p. 131-146, 2002.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1817-1825, 2008.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 283-293, 2009.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; SILVA, J. M.; SIQUEIRA, G. M.; ZAMBIANCO, E. C. Variabilidade espacial de propriedades dendrométricas do eucalipto e de atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 439-446, 2011.

SANTOS, P. A. CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; KITAMURA, A. E.; FREITAG, E. E.; VANEZELA, L. S. Correlação linear e espacial entre o rendimento de grãos do feijoeiro e a resistência mecânica à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 287-295, 2005.

SANTOS, W. S. **Variação genética e desempenho de progênis de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de madeira e resina**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

SCOLFORO, J. R. S.; FERRAZ FILHO, A. C. A expansão florestal brasileira. In: NÚCLEO DE ESTUDOS EM FITOPATOLOGIA. **Patologia florestal: desafios e perspectivas**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2013. p. 19-34.

- SENA, K. N.; MALTONI, K. L., FARIA, G. A.; CASSIOLATO, M. R. Organic Carbon and Physical Properties in Sandy Soil after Conversion from Degraded Pasture to *Eucalyptus* in the Brazilian *Cerrado*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 41, p. 1-15, 2017.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- SILVA, A. M. **Reflorestamento ciliar à margem do reservatório da hidrelétrica de Ilha Solteira em diferentes modelos de plantio**. 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.
- SILVA, D. A.; GONÇALVES, J. L. M.; COELHO, S. R. F.; MOREIRA, R. M.; MELLO, S. L. M.; BOUILLET, J. P.; JOURDAN, C.; LACLAU, J. P. Dynamics of fine root distribution after establishment of monospecific and mixed-species plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium*. **Plant Soil**, v. 325, n. 1, p. 305-318, 2009b.
- SILVA, J. M. **Avaliação da variabilidade genética em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. para fins de conservação e melhoramento genético**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.
- SILVA, L. G.; MENTES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n.6, p. 613-620, 2009a.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.
- SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.
- SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M.; BRITO, W. B. M.; FRANCISCON, U.; CASTIONI G. A. F. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem em Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 4, p. 434-441, 2015.
- SOUZA, J. M. DE. Propriedades físicas do solo de áreas cultivadas com pastagem e eucalipto convertidas de área da floresta atlântica. **Scientia Agraria Paranaensis**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 487-492, 2016.
- SOUZA, J. M.; BONOMO, R.; PIRES, F. R.; BONOMO, D. Z. Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro Conilon submetida à subsolagem. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 5, p. 413-425, 2014.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um latossolo vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 24, n.2, p. 309-319, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **Statistical analysis system**. Release 9.4. (Software). Cary: SAS Institute, 2016.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 41, n. 6, p. 1301-1301, 2009.

STOLF, R.; MURAKAMI J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F.; MARGARIDO, L. A. C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 774-782, 2014.

THE PLANT LIST. **Version 1.1**. [S. l.], 2013. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/>> Acesso em: 16 jan. 2018.

THOMASSON, A. J. Towards an objective classification of soil structure. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 29, p. 38-46, n. 1, 1978.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 301-309, 1998.

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

TORRES, J. L. R.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. Atributos indicadores da qualidade do solo numa área sob plantio direto há doze anos. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 2, p. 123-133, 2015.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 2012. 553 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VAN LIER, Q. J. **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo:SBCS, 2010. 298 p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 213-223, 2011.

VITÓRIA, E. L.; FERNANDES, H. C.; TEIXIERA, M. M.; CECON, P. R.; LACERDA, E. G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *Brachiaria brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 909-919, 2012.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: STEWART, B. A. (Ed.) **Advances in soil Science**. New York: [s. n.], 1985. p. 1-70.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conservação do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.

ZONTA E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, 2006. p. 7-52.