



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



LUIZA ZULIAN PINHEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB
DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO**

Botucatu

2018

LUIZA ZULIAN PINHEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB
DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Valdemir Antonio Rodrigues

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Pinheiro, Luiza Zulian, 1991-
P654c Caracterização de atributos físico-hídricos do solo sob diferentes tipos de vegetação / Luiza Zulian Pinheiro. - Botucatu: [s.n.], 2018
83 p.: fots. color., grafs. color., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2018
Orientador: Valdemir Antonio Rodrigues
Inclui bibliografia

1. Plantas e solo. 2. Física do solo. 3. Umidade do solo. 4. Lisímetro. I. Rodrigues, Valdemir Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



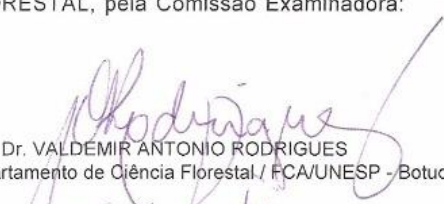
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO

AUTORA: LUIZA ZULIAN PINHEIRO

ORIENTADOR: VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES
Departamento de Ciência Florestal / FCA/UNESP - Botucatu, SP


Prof. Dr. MAURÍCIO RANZINI
Divisão de Dasonomia / INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO


Profa. Dra. MARIA HELENA MORAES SPINELLI
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu, SP

Botucatu, 19 de janeiro de 2018.

*Aos meus pais,
Mariângela e Rendel
Com amor*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Força que ilumina meu caminhar todos os dias

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em cada escolha que me fez ser quem sou hoje. Gratidão por tudo que me ensinaram. Amo vocês!

Ao Prof. Valdemir Antonio Rodrigues, pela orientação e amizade.

Ao pesquisador do Instituto Florestal SP José Luiz de Carvalho pelo auxílio nas coletas, ensinamentos e discussões produtivas sobre o projeto.

Ao Mauricio Ranzini pelo apoio e disponibilização de dados, assim como as contribuições na banca de qualificação, junto com a professora Maria Helena Moraes. Muito obrigada! Foi muito produtivo para evolução do estudo.

Aos técnicos do PESH Núcleo Cunha, em especial ao João Batista Amaro dos Santos que me auxiliou nas coletas de campo e informações locais, com tanto conhecimento adquirido ao longo dos anos de trabalho no local.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, onde recebi toda minha formação ao longo dos anos no curso de Engenharia Florestal.

Ao programa de Pós Graduação em Ciência Florestal/Unesp Botucatu, onde pude aperfeiçoar e aprofundar tanto conhecimento e chegar onde cheguei.

À todos os docentes e funcionários que ajudaram da melhor maneira em tudo que lhes foi possível, em especial à Rosângela do DCF.

Ao Instituto Florestal, pelo suporte e oportunidade de realizar o projeto no Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich, Cunha/SP.

As minhas companheiras da Casinha, Talitha (Coca) e Amanda (Tucura), onde as evoluções de vida juntas foram os melhores aprendizados destes anos.

Ao meu companheiro do Laboratório de Hidrologia Florestal, Caio V. F. Marmontel, que sempre esteve ao meu lado me ajudando e sugerindo melhorias no projeto. Pela nossa amizade e momentos. Gratidão!

À todos os amigos-irmãos que sempre estiveram ao meu lado durante esses anos, em especial ao Gustavo (Muकेका) por tanto me ajudar em tudo que precisei.

Ao grupo CECA (Centro Esportivo de Capoeira Angola), onde pude aprender lições para uma vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

À vida por ser tão bela.

**“É que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas,
mais esperança nos meus passos do que tristeza nos meus ombros, mais
estrada no meu coração do que medo na minha cabeça.”**

Cora Coralina

RESUMO

O solo e seus atributos específicos são capazes de fornecer informações relevantes para o diagnóstico do ambiente, de sua estrutura florestal e climática. O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar de forma descritiva os atributos físico-hídricos do solo com diferentes tipos de vegetação sob as mesmas condições climáticas e condições controladas, ao longo do ano. A hipótese é que as propriedades físico-hídricas do solo se alteram com os diferentes tipos de vegetação estabelecidos em longo prazo. O estudo foi realizado em solo sob condição de lisímetros estabelecidos há mais de 30 anos com as espécies: *Paspalum notatum* (gramínea), *Pinus elliottii*, *Eucalyptus urophylla* e em uma área com Floresta Atlântica, sendo classificada como Ombrófila Densa Alto-Montana, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, São Paulo. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média. A coleta foi realizada em anéis volumétricos em três camadas: 0,00 – 0,05 m, 0,30 – 0,35 m e 0,50 - 0,55 cm, nos meses de março, junho, setembro e dezembro. Foram realizadas as comparações considerando densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade do solo e armazenamento de água no solo e armazenamento acumulado de água no perfil do solo. Foi observada uma maior capacidade de armazenamento de água no solo para os meses com as menores precipitações na Floresta Atlântica, considerando que esta vegetação apresentou melhores condições para manter a água no sistema solo-planta-atmosfera por mais tempo no ambiente. O *Pinus elliottii* apresentou os menores valores de umidade de armazenamento de água no solo para todos os meses avaliados. Houve diferenças significativas pelo teste Tukey ao nível de significância 5% para os atributos físico-hídricos do solo entre os diferentes tipos de vegetação nos meses avaliados. Pode-se citar que a metodologia utilizada é simples e de baixo custo, porém capaz de fornecer informações relevantes para formação de um banco de dados sobre os atributos físico-hídricos do solo inseridos sob diferentes tipos de vegetação.

Palavras-chave: atributos do solo, relações hídricas, água no solo, lisímetros.

ABSTRACT

The soil and its specific attributes are capable of providing relevant information for the diagnosis of the environment, its forest and climatic structure. The objective of this study was to evaluate and to compare in a descriptive way the physical-water attributes of the soil with different vegetation types under the same climatic conditions and controlled conditions, throughout the year. The hypothesis is that the physical-water properties of the soil change with the different types of vegetation established in the long term. The study was carried out in soil under lysimeters established for more than 30 years with the species: *Paspalum notatum* (grass), *Pinus elliottii*, *Eucalyptus urophylla* and in an area with Atlantic Forest, being classified as Ombrophilous Dense Alto-Montana, in the Park State of Serra do Mar - Cunha, São Paulo. The soil is classified as Red-Yellow Latosol, of medium texture. The collection was performed in volumetric rings in three layers: 0,00 - 0,05 m, 0,30 - 0,35 m and 0,50 - 0,55 cm, in the months of March, June, September and December. The comparisons were made considering soil density, particle density, total porosity, soil moisture and water storage in the soil and accumulated water storage in the soil profile. A higher soil water storage capacity was observed for the months with the lowest rainfall in the Atlantic Forest, considering that this vegetation presented better conditions to maintain water in the soil-plant-atmosphere system for longer in the environment. The *Pinus elliottii* presented the lowest moisture storage values of water in the soil for all evaluated months. There were significant differences by the Tukey test at the 5% significance level of the soil physical-hydric attributes among the different types of vegetation in the evaluated months. It can be mentioned that the methodology used is simple and in low cost, but able to provide relevant information for the development of a database on soil physical-hydric attributes inserted under different types of vegetation.

Keywords: soil attributes, water relations, soil water, lysimeter.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	A água	19
2.2	O solo	20
2.3	Propriedades físico-hídricas	23
2.4	As espécies.....	25
2.4.1	<i>Paspalum notatum</i> Flüggé.....	25
2.4.2	<i>Pinus elliottii</i> Engelman	26
2.4.3	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	28
2.4.4	Floresta Atlântica	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Área de estudo.....	34
3.2	Caracterização dos lisímetros.....	37
3.3	Caracterização da área de Floresta Atlântica	39
3.4	Coletas e preparo das amostras	40
3.5	Caracterização físico-hídrica do solo	41
3.6	Análise estatística	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Análise granulométrica.....	46
4.2	Densidade de partículas	46
4.3	Densidade do solo.....	48
4.4	Umidade volumétrica	51
4.5	Porosidade total do solo.....	57
4.6	Armazenamento de água no solo	61
4.7	Armazenamento acumulado de água no perfil do solo	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

O solo e seus atributos específicos são capazes de fornecer informações relevantes para o diagnóstico do ambiente, de sua estrutura florestal e climática. O estudo dos atributos físico-hídricos do solo nos permite inferir sobre a dinâmica da água no ambiente, observando dados climáticos e de precipitação, relacionando-os com a estrutura do solo e quais as modificações ocorridas ao longo do tempo nos diferentes tipos de vegetação. Neste estudo as características do solo foram selecionadas e avaliadas com o objetivo de fornecer dados com experimentação realizada em lisímetros, onde as condições climáticas permanecem as mesmas para os diferentes tipos de vegetação inseridos, assim como o mesmo tipo de solo. Cabe ressaltar que as vegetações encontram-se estabelecidas nos lisímetros há mais de 30 anos quando este estudo foi realizado, assim como a área com Floresta Atlântica, sendo este um experimento com utilização de dados de longo prazo.

Os atributos físico-hídricos do solo tais como: densidade, umidade, armazenamento de água no solo e porosidade apresentam informações importantes para melhor compreensão sobre o potencial de produção agroflorestal e as necessidades específicas das culturas. Estes são atributos de fácil obtenção de dados e baixo custo (MARCHÃO et al., 2007). São convenientes a serem pesquisados a fim de se obter informações sobre as alterações da qualidade do solo (REICHERT et al., 2007).

A partir da formação de uma base de dados dos atributos do solo e das espécies cultivadas, podem ser elaboradas técnicas de aprimoramento do uso do solo de maneira sustentável, assim como melhorias na conservação do solo e na utilização da água para irrigação. A avaliação dessas interações é relevante para obtenção de dados que nos permitam manejar o ambiente de forma sustentável, com o intuito de aumentar a produtividade e manter suas condições favoráveis para a conservação da dinâmica da floresta, do meio ambiente e do solo.

Quanto aos aspectos relacionados ao solo, deve-se considerar o papel da vegetação na influência dos atributos físico-hídricos, com conseqüente reflexo na dinâmica da água no solo (MENEZES et al., 2009). A vegetação afeta a disponibilidade de água de uma área, interceptando a precipitação por meio da parte

aérea e serapilheira, diminuindo o escoamento superficial, aumentando a infiltração de água no solo, reduzindo os processos erosivos e possibilitando maior transferência de água à atmosfera (KAUANO; PASSOS, 2008).

O solo representa importante fase do ciclo da água natureza, atuando como reservatório que disponibiliza água às plantas e abastece os cursos hídricos, sendo o local onde o armazenamento e a movimentação ocorre de acordo com as diferentes características do solo (BORTOLINI, 2016). Havendo perturbações nesse ciclo, poderá ocorrer falta parcial ou total de água nos locais mais acessíveis ao homem, levando a escassez hídrica (BERTOL et al., 2016).

Através da análise de dados de armazenamento de água no solo é possível inferir e contextualizar sobre a capacidade de determinado solo sob as diferentes vegetações em manter a água presente no ambiente e percolar para os lençóis freáticos. Desta forma, quando a análise é feita no nível de microbacias hidrográficas é possível obter informações sobre o potencial de produção de água e até mesmo da capacidade de um solo em ser suscetível à erosão hídrica. Tendo como objetivo a recuperação e conservação dos recursos naturais, principalmente o solo e a água, a utilização da microbacia hidrográfica como unidade viabiliza o manejo integrado destes recursos, com a implementação de ações que visem à manutenção do equilíbrio do sistema ambiental (MACHADO; STIPP, 2003).

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar de forma descritiva os atributos físico-hídricos do solo com diferentes tipos de vegetação sob as mesmas condições climáticas e condições controladas, ao longo do ano. A hipótese é que as propriedades físico-hídricas do solo se alteram com os diferentes tipos de vegetação estabelecidos em longo prazo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A água

A água é essencial e insubstituível para a manutenção da vida no planeta, uma das mais importantes substâncias presentes na crosta terrestre, tanto para os processos vitais como para os físico-químicos (REICHARDT; TIMM, 2012). É uma substância fundamental dos processos metabólicos dos organismos vivos e apresenta influência direta na manutenção da vida, saúde e bem estar do homem (MARMONTEL, 2014).

Klar (1984) descreve a vida sendo principalmente condicionada à água, como para as espécies vegetais que dependem da precipitação e temperatura de sua determinada região, também atua como fator ambiental nos processos fisiológicos, sendo essencial na estruturação de moléculas biológicas ao nível celular, até ao organismo como um todo.

É um recurso natural que é reciclado constantemente no ciclo hidrológico, sendo sua disponibilidade variável em escala de tempo e espaço (RODRIGUES, 2013). Renovada por este ciclo, que consiste no intercâmbio das águas presentes nos rios, lagos, oceanos e na atmosfera, considerando relevante importância sua presença no solo (OLERIANO; DIAS, 2007). A precipitação é a principal fonte de água para as plantas, penetrando no solo numa intensidade variável e dependente de suas propriedades físicas, enchendo o reservatório do solo, sendo o excesso drenado até os aquíferos (WINTER, 1984). A condição mais úmida do solo possível é o momento em que o mesmo encontra-se saturado, estando todos os poros do solo preenchidos com água (HILLEL, 1980).

Muitos problemas ambientais vêm sendo causados pela exploração desordenada dos recursos naturais através do uso inadequado do solo, desmatamento irracional e uso indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos (PINTO et al., 2004). Para Reichardt e Timm (2012), cada constituinte no sistema água-solo-planta-atmosfera sofre influência típica antrópica. Apesar de a água ser considerada um recurso renovável e inesgotável, Ranzini (2002) considera controverso, visto que somente uma parte deste recurso está prontamente disponível para o consumo, já

que sua distribuição espacial e temporal resulta na escassez ou excesso conforme a situação em que se encontra o ambiente.

Considerando o contexto atual, onde a escassez é cada vez mais alarmante, se fazem necessários maiores mobilizações para se obter melhorias em sua distribuição e meios de propor soluções com embasamento científico, através de estudos visando os cuidados com a conservação das nascentes, matas ciliares e o manejo do solo nas microbacias, que são fundamentais para a manutenção da produção de água (RODRIGUES, 2014).

As microbacias e sua composição apresentam ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela ação do homem, que comprometem o equilíbrio do ambiente (RANZINI et al., 2004). A formação de uma base de dados como instrumento de gestão pode ser um meio eficaz para enfrentar os problemas de escassez de água e de sua qualidade, sendo necessária uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas, utilizando a descentralização para a bacia hidrográfica (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

2.2 O solo

O solo é um recurso natural que suporta toda a cobertura vegetal, sem a qual a vida no planeta não poderia existir (BERTONI, 1968). O termo solo refere-se à camada externa e agricultável da superfície terrestre, originário da rocha que através de processos físicos, químicos e biológicos de desintegração, decomposição e recombinação, transformando-se em material poroso com características peculiares, após o passar de eras geológicas (REICHARDT; TIMM, 2012).

Denominado intemperismo, os fatores de formação do solo abrangem as forças físicas que agem no processo de fragmentação das rochas, reações químicas que alteram a composição das rochas e dos minerais e as forças biológicas que intensificam as forças físicas e químicas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010). Ou seja, promovem a formação do solo propriamente dito (CORSATO, 2015). Para diferentes tipos de rochas e minerais haverá diferentes composições químicas, resistências ao intemperismo e diferentes propriedades físicas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Do ponto de vista da física do solo, é considerado um sistema trifásico muito heterogêneo (FERREIRA, 2010). É considerado material natural, sólido e poroso, sendo a parte sólida (matriz do solo) constituída por partículas minerais e substâncias orgânicas e a parte porosa (espaço poroso), sendo a parte não ocupada pela matriz do solo (LIBARDI, 2005). A porção mineral é resultado da decomposição de rochas que dão origem ao solo, enquanto a fração orgânica é oriunda de resíduos vegetais e animais em decomposição e organismos vivos (KIEHL, 1979).

O solo atua como reservatório de água para as plantas, assim como é capaz de fornecer suporte como um todo, dando condições fundamentais ao crescimento das raízes e à dinâmica da água e nutrientes (MEURER, 2014). Para Doran e Parkin (1996) a qualidade do solo pode ser descrita pela capacidade de desenvolver sua função, manter a produtividade biológica, vida vegetal e animal e a qualidade ambiental na superfície terrestre. É uma característica afetada pelo seu manejo e práticas culturais, o que resulta numa alteração da dinâmica e retenção de água nos poros (KLEIN; LIBARDI, 2000).

A composição ideal de um solo, segundo Klein (2008) é composto por 45% de sólidos, 34% de solução do solo (água e nutrientes), 16% de ar no solo e 5% de matéria orgânica. Para alguns autores, o solo ideal deve apresentar porosidade total de 50%, sendo um terço, ou 17%, de macroporos ocupados pelo ar do solo, e dois terços, cerca de 33%, de microporos responsáveis pela retenção de água (KIEHL, 1979). A distribuição dos poros na solução do solo é fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, determinando a evolução no tempo e espaço da movimentação de água no solo, condicionando o comportamento físico-hídrico do solo (RIBEIRO et al., 2007).

A disponibilidade de água às culturas pode ser afetada pelos fatores: estrutura do solo, que determinam o arranjo das partículas e distribuição dos diâmetros dos poros; e a textura, quanto à quantidade de argila e teor de matéria orgânica (KLEIN; LIBARDI, 2000).

A textura do solo pode ser definido como a distribuição quantitativa das partículas sólidas minerais (menores que 2 mm em diâmetro), sendo a proporção relativa das quantidades de argila, silte e areia no solo, que se diferem entre si pelo tamanho (FERREIRA, 2010). Principalmente o teor de argila, denomina a

distribuição dos diâmetros dos poros do solo, determinando a área de contato entre as partículas sólidas e a água (KLEIN et al., 2010). Solos mais arenosos apresentam maior quantidade de macroporos, responsáveis pela drenagem de água no solo, enquanto solos mais argilosos têm a capacidade de reter ou armazenar mais água em seus microporos (OLIVEIRA, 2011). Por exemplo, em solos de textura média a arenosa é importante observar a composição granulométrica da fração areia na dinâmica da água nos solos (SANTOS, 2006).

A classe textural de um solo é uma característica que varia muito pouco com o tempo, apenas sofrendo alteração caso haja mudança da composição do solo, através de processos erosivos ou de intemperismo, em escala de séculos a milênios (REINERT; REICHERT, 2006).

Latosolos são solos minerais, muito intemperizados, homogêneos, com horizontes pouco diferenciados, na maioria sem macroagregados nítidos no horizonte B, reconhecidos pela cor quase uniforme em profundidade (LEPSCH, 2010; IAC, 2017). São profundos, bem drenados, com elevada porosidade e baixa capacidade de troca catiônica, sendo considerados pouco férteis, com textura relativamente uniforme em todo o perfil, variando de média a muito argilosa (CICCO, 2009; LEPSCH, 2010; IAC, 2016). Sua estrutura é composta de agregados granulares, com grãos muito pequenos que variam de 1 a 3 mm de diâmetro, soltos e bem definidos, arranjados de maneira que apresentam grande espaço poroso, proporcionando alta permeabilidade, mesmo quando muito argilosos (LEPSCH, 2010). Podem formar crostas superficiais, supostamente devido à flocculação da argila que passam a atuar como silte e areia fina, processo que pode ser evitado com a manutenção da cobertura vegetal, para que o solo não fique exposto e sujeito ao ressecamento (SOUSA; LOBATO, 2017).

Devido ao intenso intemperismo, latossolos são muito pobres em nutrientes vegetais, os quais os poucos nutrientes presentes nestes ecossistemas são reciclados pela vegetação, nas regiões permanentemente úmidas. Já nas regiões mais áridas, podem ser observadas vegetações pouco densas como, por exemplo, o cerrado ou savanas edáficas (LEPSCH, 2010).

Latosolos que apresentam textura média são suscetível à erosão, necessitando utilização de práticas conservacionistas, ocorrendo também elevada

percolação de água no perfil, que junto à baixa CTC provoca a lixiviação de nutrientes (SOUSA; LOBATO, 2017). Os mesmos autores ainda frisam a importância da utilização de cobertura do solo para aumentar o teor de matéria orgânica, que resultam no aumento da retenção da umidade no solo.

2.3 Propriedades físico-hídricas

A importância do conhecimento das propriedades físicas do solo dá-se pela caracterização do ambiente quanto ao seu uso e manejo, sendo possível compreender sobre diversos fatores que atuam sobre o solo (GUARIZ et al., 2009). Através de análises das propriedades físico-hídricas do solo é possível inferir que o bom desenvolvimento das plantas depende dessas propriedades ao mesmo tempo em que são capazes de influenciar diretamente sobre elas (MARTINS; AUGUSTO, 2012; PAMPONET, 2013). Fonseca e Martuscello (2007) citam a importância da caracterização do solo quanto aos aspectos físicos e hídricos para compreensão das inter-relações no sistema solo-água-planta-atmosfera.

Lewandowski e Zumwinkle (1999) descrevem como atributos comumente utilizados para a caracterização da qualidade, quanto à física do solo, a capacidade de armazenamento de água, densidade aparente, infiltração de água e resistência à penetração. Os mesmos autores também descrevem que ao utilizar medições pontuais, devem-se compreender cuidadosamente como estas características variam ao longo da área amostrada. Podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo, atributos físicos como a densidade, porosidade e umidade (LAL, 1987). O conhecimento destas propriedades do solo é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas e projetos de irrigação (NASCIMENTO et al., 2012). Esta caracterização detalhada possibilita maior entendimento sobre a dinâmica da água no solo, estando estes atributos diretamente relacionados à disponibilidade de água às plantas (VAZ et al., 2004).

O solo atua como armazenador e fornecedor de água e nutrientes para as plantas, através da solução do solo por fenômenos de adsorção e capilaridade, sendo capaz de reter a precipitação fornecendo a umidade que as plantas necessitam, porém nem toda água estará disponível para a capacidade de absorção

das mesmas (ROSSATO, 2001). Através do entendimento das variações da umidade do solo é possível avaliar a influência da cobertura vegetal sobre a disponibilidade hídrica, inferir sobre a transpiração das plantas, entender sobre a atuação do sistema radicular nas camadas, entre outros efeitos da vegetação sobre a água no solo (LEITE et al., 1999).

A cobertura vegetal atua fundamentalmente para a manutenção das condições do solo, tais como porosidade, desenvolvimento das raízes e matéria orgânica presente no solo (RODRIGUES et al., 2012). Os diferentes tipos de cultivo são capazes de alterar as propriedades físicas do solo em relação ao não cultivado. Estas alterações ocorrem com maior frequência em sistemas convencionais de preparo do que os que utilizam técnicas conservacionistas, resultando de forma geral, em alterações na densidade do solo, volume e distribuição de tamanho dos poros e estabilidade dos agregados do solo, influenciando a infiltração da água, erosão hídrica e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2004).

O balanço da água na zona radicular depende da infiltração e retenção da água no solo, portanto o conhecimento da dinâmica dos processos de distribuição e armazenamento de água no solo e suas relações com as propriedades do solo são de fundamental importância para o manejo eficiente da área (SILVA, 2003).

Para Timm et al. (2006) a umidade e densidade do solo são atributos que inferem diretamente sobre os processos no solo e planta, como a movimentação de água, compactação, aeração, entre outros, frisando a importância de estudos referentes à sua variabilidade espacial e temporal em diferentes períodos do ano. Kiehl (1979) ressalta o aumento da densidade do solo de acordo com a profundidade do perfil, devido às pressões exercidas pelas camadas superiores, podendo compactar o solo, reduzindo a porosidade total. Para Klein (2008) a densidade do solo sofre influência pelos cultivos, que são capazes de alterar sua estrutura e conseqüentemente, o arranjo e volume de poros, diferindo-se da densidade de sólidos (ou partículas), por considerar o espaço poroso do solo, que caso reduzido irá causar a compactação aproximando as partículas sólidas e aumentando a densidade do solo.

A modificação da relação massa/volume, ou seja, a densidade do solo resulta em uma diminuição da entrada de água no perfil do solo e na dinâmica de sua

redistribuição e retenção, devido as alterações na distribuição do tamanho dos poros, afetando diretamente a porosidade e infiltração de água no solo (ALVES, 2001). A dinâmica do solo e o armazenamento de água também variam de acordo com suas variações pedogênicas (GONZÁLES; ALVES, 2003). Observando as características ao longo dos perfis do solo, há uma forte relação entre as características físicas, físico-hídricas e químicas, sendo estas relacionadas às distribuições de tamanho de partículas e de poros e à quantidade de matéria orgânica dos horizontes pedológicos, sendo a última resultante dos diferentes tipos de vegetação.

2.4 As espécies

As espécies presentes nos lisímetros foram plantadas após a construção e calibração dos mesmos, em janeiro de 1985 e serão descritas a seguir.

2.4.1 *Paspalum notatum* Flüggé

Pertencente à família Poaceae, subfamília Panicoideae, a *Paspalum notatum* Flüggé, é uma espécie nativa do continente americano, conhecida popularmente por grama-batatais, grama-da-bahia, grama-forquilha, grama mato-grosso, sendo uma herbácea perene, geralmente com 15-30 cm de altura (LORENZI; SOUZA, 2008). Na Austrália e Estados Unidos o nome mais utilizado é bahiagrass (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010). Sua época de floração é entre os meses de outubro a março (KISSMANN; GROTH, 1992).

Paspalum está entre os principais gêneros de pastagens naturais do sul do Brasil, sendo a *Paspalum notatum* a espécie que apresenta intensa ocorrência nesta localidade do país, com suas características de fácil adaptação ao ambiente e ao cultivo, resultando em diferentes ecótipos da espécie (CARVALHO; CARVALHO, 2009). Tal adaptabilidade a diferentes ecossistemas é importante devido a sua diversidade genética, que apresenta menor risco em gerar desequilíbrios biológicos (STRAPASSON et al., 2000). As espécies de *Paspalum* distribuem-se praticamente

em todos os campos naturais sul-americanos, sendo em muitos deles a espécie predominante e maior produtora de biomassa (HERINGER; JACQUES, 1999).

Paspalum notatum é uma espécie adaptada a solos de baixa fertilidade, suportando o déficit hídrico e pisoteio, exigindo manutenção constante devido ao rápido crescimento (GOATLEY et al., 1998). Devido a sua resistência ao pisoteio são indicadas para campos de futebol e também utilizada no combate à erosão devido à caracterização de suas raízes, que cobrem o terreno e retêm o solo e, portanto, podem ser cultivadas em terrenos acidentados e taludes, além de sua estética, utilizada no paisagismo para fins ornamentais (MAEDA; PEREIRA, 1997). Inicialmente, é uma espécie que se prolifera vagarosamente, estendendo os rizomas até formar um denso gramado solidamente fixado ao solo, crescendo até 30-40 cm (STEINER, 2005).

No Brasil ainda são muito utilizadas em gramados de áreas urbanas, mas também utilizadas em áreas residenciais, industriais, urbanas e rodovias (CAMBOIM, 2014). Também já foram realizados estudos com a utilização de *Paspalum notatum* no manejo de gramíneas para cobertura permanente das entrelinhas das laranjeiras (FIDALSKI et al., 2006). Turchetti (2016) em seu trabalho descreveu a *Paspalum notatum* como espécie de gramínea com maior destaque no paisagismo, do Distrito Federal no Brasil. Há também trabalhos referentes à espécie que estudam a germinação das sementes como Carvalho e Carvalho (2009) e Aguiar et al. (2012a), fungos associados às sementes em Aguiar et al. (2012b) e aspectos fisiológicos na germinação e dormência para Maeda (1995), comportamento ingestivo de equinos em Santos et al. (2006), entre outros.

2.4.2 *Pinus elliottii* Engelman

O gênero *Pinus* pertence à ordem Coniferae, do grupo das Gymnospermae, família Pinaceae e ocorre naturalmente da região polar até os trópicos, englobando os continentes da Europa, Ásia, América do Norte e Central, não ocorrendo naturalmente na América do Sul (CI FLORESTAS, 2017). Possuem aproximadamente 90 espécies e foram introduzidas no Brasil no século XIX pelos imigrantes europeus com finalidade ornamental e, posteriormente, plantados em

escala comercial, a partir de 1950 (DOSSA et al., 2002). Até o final da década de 1950, o Serviço Florestal, atual Instituto Florestal de São Paulo, havia testado um total de 55 espécies de pinus (IF, 2015). É cabível ressaltar que estes plantios foram incentivados pelo governo com o intuito de diminuir a pressão dos cortes de espécies nativas, em substituição à madeira de araucária, visto que o esgotamento dos estoques destas estava cada vez mais evidentes naquela época (DOSSA et al., 2005).

O *Pinus elliottii* é proveniente da América do Norte, com ocorrência na costa leste dos Estados Unidos (BOYER, 1979), desde o sul dos Estados da Carolina do Sul até a Flórida, estendendo-se à Oeste até quase o rio Mississipi (GALETI, 1972). É também conhecido popularmente como “slash pine” nestas regiões (GILMAN; WATSON, 1994). Introduzido inicialmente no estado de São Paulo em 1948, sendo atualmente cada vez mais plantado, principalmente nas regiões mais frias do sudeste ao sul do Brasil, do estado de São Paulo ao Rio Grande do Sul (FOELKEL; FOELKEL, 2008). Devido ao clima ameno, a espécie mais plantada nestas regiões é o *P. elliotti*, uma das mais produtoras de goma resina (NEVES et al., 2001). Além do alto potencial de produção de resina, seus derivados (terebintina e breu) apresentam boa qualidade, sendo também apreciada para serraria para fins comerciais e industriais, produção de chapas e compensados, lâminas, postes e móveis (FOELKEL; FOELKEL, 2008). Também há interesse para a produção de celulose e papel, devido as suas fibras longas, utilizadas em papéis de embalagens.

É uma espécie de rápido crescimento, de 15 a 30 metros de altura, com o tronco atingindo um diâmetro de 0,6 a 1 m com ramos curtos e grossos (DUKE, 1983). Sua casca se desprende em placas grandes e largas e apresenta folhas aciculadas, com margem finamente denteada (UNESP, 2004). Suas folhas aciculares apresentam estruturas que diminuem a perda de água para o ambiente (CI FLORESTAS, 2017), sendo capazes de interceptar elevadas quantidades de água da precipitação. Estas contribuem para a formação da serapilheira, que apresentam maior queda de folhas no período de setembro a dezembro, com lenta decomposição devido à baixa concentração de N das acículas (WANG et al., 2010) e ao seu alto teor de lignina, dificultando a ação dos micro-organismos decompositores (KLEINPLAUL et al., 2005). A qualidade das acículas também retarda as transformações e a

incorporação do C dos resíduos no solo (ZANATTA et al., 2013), o que proporciona a formação de uma camada de manta orgânica mais espessa sobre o solo (LIMA et al., 2015).

Pinus elliotti é simbiote obrigatório de um basidiomiceto (fungo) que forma micorrizas e que apresentam maior chance de se estabelecer em solos ácidos e distróficos (OLDEMAN, 1990; MAHMOUD et al., 2003). Cresce bem em uma variedade de solos ácidos, não sendo altamente tolerante à seca (GILMAN; WATSON, 1994), porém considerado tolerante à geadas (CI FLORESTAS, 2017).

2.4.3 *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

O gênero *Eucalyptus* pertence à ordem Myrtales, família *Myrtaceae* e subdividido em mais 8 subgêneros. Apresenta rápido crescimento, alta plasticidade, fuste retilíneo e desrama natural, sendo sua madeira adaptável a variadas condições de uso, devido a suas variações nas propriedades tecnológicas (OLIVEIRA et al., 1999). É uma árvore perenifólia, de 25-35 m de altura, com fuste revestido por casca grossa com fissuras finas longitudinais de cor cinza-escura, folhas simples que formam uma copa alongada (LORENZI et al., 2003).

No decorrer da evolução natural do eucalipto pode-se observar mecanismos adaptativos eficientes para atingir rápido crescimento sob condições favoráveis, além de suportar estresse hídrico, térmico, nutricional e outros, explicando o grande número de espécies e ampla dispersão nas regiões de origem (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006). Existem mais de 600 espécies e subespécies descritas com interesse para produção econômica florestal, no entanto apresentam diferentes características entre si que resultam em diferentes respostas aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico (DEL OUIQUL et al., 2001).

As plantações de eucalipto têm gerado muitos debates, estando em meio a grandes controvérsias quanto aos seus impactos no ambiente, os quais critica-se seus efeitos sobre o solo (empobrecimento e erosão), a água (impacto sobre a umidade do solo, os aquíferos e lençóis freáticos) e a baixa biodiversidade observada em monoculturas (VITAL, 2007).

No Brasil, as primeiras mudas de eucalipto para fins comerciais chegaram no ano de 1904 em São Paulo, com o intuito de suprir a demanda de lenha para combustíveis das locomotivas e dormentes para trilhos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (COELHO; NOVAES, 2009 apud MARTINS FILHO, 2014, p. 17). Foi designada a função da escolha da espécie a ser plantada a Edmundo Navarro de Andrade, que em uma pesquisa extremamente rápida transformou uma área especialmente adquirida em Jundiaí/SP e em Rio Claro/SP, onde hoje existe um horto florestal que leva o seu nome (QUEIROZ; BARRICHELO, 2008). O mesmo autor ainda cita que, o incentivo ao plantio de eucaliptos foi sugerido visto que todas as matas nativas próximas de ferrovia haviam sido destruídas, não sendo viável a utilização de carro de boi para transportar a lenha por dezenas de quilômetros, até os trilhos. Os primeiros estudos de Navarro de Andrade comparou o crescimento de nativas e exóticas, quando plantadas em florestas homogêneas, onde o eucalipto se destacou como a melhor opção (FOELKEL, 2005).

Várias espécies foram introduzidas no Brasil, provenientes da Austrália, Indonésia e ilhas adjacentes (PRYOR, 1976). O *Eucalyptus urophylla* é uma das poucas espécies do gênero que ocorrem naturalmente fora da Austrália (SCANAVACA JUNIOR, 2001). É originário das ilhas de Timor e outras ilhas a leste do arquipélago Indonésio, entre as latitudes de 8° a 10° e altitudes de 400 a 3.000 metros, locais que apresentam precipitação pluviométrica média anual entre 1.000 a 1.500 mm concentrada no verão, onde o período seco não ultrapassa 4 meses e temperatura média das máximas do mês mais quente em torno de 29°C, e das mínimas do mês mais frio entre 8 a 12°C (FERREIRA, 1979). É em Timor que estão áreas de maior ocorrência do *E. urophylla*, onde se apresentam como árvores de até 45 metros de altura e quase dois metros de diâmetro e, na faixa altitudinal de 500 a 3000 metros, ocorre em florestal tropical pluvial nas altitudes inferiores e floresta temperada montana na faixa superior (MOURA, 2004). Os solos em que se encontram apresentam grande variação.

Há interesse no *E. urophylla* no Brasil após comprovada sua alta resistência ao cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*), também citada sua importância como bom substituto do *E. grandis* nos locais onde os plantios são suscetíveis a esse fungo (MORA; GARCIA, 2000). Além de sua boa produtividade e potencial para

utilização em diversos fins como fabricação de celulose e papel, chapas duras, serraria e produção de carvão, entre outros (SKANAVACA JUNIOR, 2001).

2.4.4 Floresta Atlântica

As florestas tropicais por estarem localizadas entre os trópicos são conhecidas por sua alta biodiversidade, sendo este um dos fatores que contribui para a existência de muitos nichos ecológicos (MANTOVANI, 2003). O Brasil apresenta seis biomas de características distintas de fauna e flora: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (BRASIL, 2017a). O mesmo autor ainda cita a importância destes para a manutenção de serviços ambientais e fornecimento de bens essenciais à sobrevivência da população, sendo fundamental que sua conservação seja prioridade para a continuidade da existência de habitats para as espécies selvagens, tanto para vida humana.

A Mata Atlântica atualmente é o bioma que apresenta maior devastação desde a chegada dos portugueses no Brasil em 1500, que originalmente abrangia a costa do litoral brasileiro do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul e ocupava uma área de 1,3 milhão de quilômetros quadrados (CICCO, 2013). Atualmente, os remanescentes de vegetação encontram-se com cerca de 22% de sua cobertura original e em diferentes estágios de regeneração, onde apenas cerca de 8,5% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (BRASIL, 2017b). Desempenhando uma imensa função social, a Mata Atlântica abrange 17 estados e 3.429 municípios, fornecendo serviços ecológicos essenciais para cerca de 145 milhões de pessoas (70% da população brasileira), sendo base de uma parte considerável do PIB do país (SCARANO, 2014). Trata-se inequivocamente de um bioma ameaçado de extinção, sendo um dos mais importantes e ameaçados do mundo, considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal (VARJABEDIAN, 2010).

A Constituição Federal de 1988 no artigo 255 propõe maior atenção a certos biomas ao instituí-los como Patrimônio Nacional (BRASIL, 1988c):

§ 4.º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Dentre as diferentes tipologias encontradas na Floresta Atlântica, as que estão localizadas nas serras possuem grande diversidade florística e alto índice de endemismo de vegetação, fator de grande importância para a conservação ambiental (MARMONTEL, 2013). Parte significativa dos remanescentes está atualmente localizada em encostas de elevada declividade e no topo das grandes serras (COSTA, 2012). A vegetação regula o fluxo de mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, mantém o equilíbrio climático e protege escarpas e encostas de serras, além de preservar importante patrimônio histórico, natural e cultural (BRASIL, 2017b).

Devido à singularidade do bioma, esforços prioritários devem ser direcionados à conservação dessas espécies (MORRONE, 1994). De acordo com Galindo-Leal e Câmara (2005, p. 3):

A Mata Atlântica é um dos 25 hotspots de biodiversidade reconhecidos no mundo, áreas que perderam pelo menos 70% de sua cobertura vegetal original, mas que, juntas, abrigam mais de 60% de todas as espécies terrestres do planeta. Essas áreas críticas ocupam menos de 2% da superfície terrestre. A mata atlântica é, provavelmente, o ecossistema mais devastado e mais seriamente ameaçado do planeta. É esse o hotspot em que o ritmo das mudanças está entre os mais rápidos, e, conseqüentemente, a necessidade de ação para conservação é mais urgente. Os fragmentos remanescentes da mata atlântica original continuam a deteriorar-se devido à retirada de lenha, ao corte ilegal de madeira, à captura ilegal de plantas e animais e à introdução de espécies exóticas.

As políticas de gestão ambiental tendem a se concentrar sobre determinados elementos naturais aos quais se dá maior importância para a sociedade, como por exemplo: a biodiversidade e unidades de conservação, os recursos hídricos, os solos, as paisagens excepcionais, os sítios fósseis, etc. (FLORIANO, 2007). É nas áreas protegidas que podemos garantir a permanência de espécies sensíveis a habitats modificados, além da manutenção dos processos ecológicos e evolutivos dos ecossistemas e das comunidades biológicas neles inseridas essenciais, inclusive à sobrevivência da espécie humana (ARAUJO, 2007). Para que uma área protegida seja realmente efetiva, é necessário que haja efetiva implementação e uma boa gestão ambiental, e isso inclui conhecer as espécies presentes nessas

áreas e a diversidade biológica protegida por elas por meio do incentivo às pesquisas (TEIXEIRA; SILVA, 2011).

A água fornecida para a população que vive na área de abrangência do bioma, manutenção da integridade e fertilidade do solo, proteção dos corpos d'água e regularização do fluxo hídrico para a agricultura e fornecimento de polinizadores para a reprodução das lavouras (CABRAL; BUSTAMANTE, 2016). Ainda sobre a manutenção dos recursos hídricos, o mesmo autor cita a importância da água proveniente da Mata Atlântica para geração de energia, oriunda das hidroelétricas do país.

A Mata Atlântica possui diferentes formações florestais, sendo elas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude (IBGE, 2012).

A região de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa devido à sua vegetação e ao sistema fisionômico ecológico (VELOSO et al., 1991). O mesmo autor também caracteriza este tipo de formação florestal pela presença de fanerófitos, com subformas de vida macro e mesofanerófitos, lianas e epífitas, se distinguindo de outras formações vegetacionais. Nesses ambientes a altitude é um dos principais fatores que influenciam em sua diferenciação florística (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000). Também é definida por fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e alta precipitação, bem distribuída durante o ano, com apenas 0-60 dias secos, situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa Alto Montana apresenta muitas singularidades, sendo afetada por condições ambientais adversas (GRILLO, 2016), que recebem aporte adicional de água por estarem situadas em altas elevações, onde nuvens são mais frequentes (HAMILTON et al., 1995). Estão na presença de nevoeiros, que aumentam significativamente a precipitação pela interceptação da água pelo dossel, também conhecido como precipitação oculta, resultando numa baixa quantidade de água utilizada pela vegetação e conseqüentemente, gerando adição de água ao sistema hidrológico (PORTES; GALVÃO, 2002). Recobre a encosta da Serra do Mar, em altitudes que variam de 500 a 1.500 m (IBGE, 2012), apresentando os desníveis

altitudinais capazes de alterar a fisionomia das comunidades florestais nelas presentes (CICCO, 2013). Devido à sua elevada altitude, apresenta diferença quando comparadas a outras formações por suas características estruturais, fisionômicas e florísticas, pelas mudanças nos fatores ambientais, pedológicos e geomorfológicos (SOUSA et al., 2016).

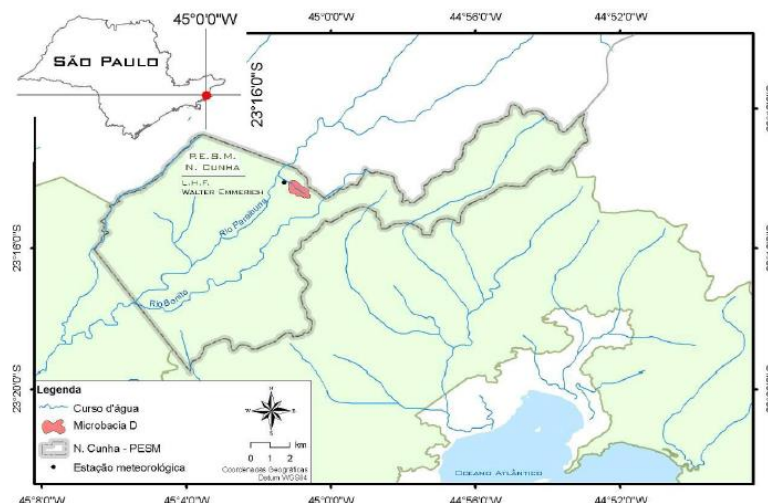
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Cunha é o décimo primeiro município paulista em extensão territorial, onde estão inseridas duas unidades de conservação de proteção integral: Parque Nacional da Bocaina e Parque Estadual da Serra do Mar - PESM (CICCO, 2013). O Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar localiza-se cerca de 250 km da cidade São Paulo e dista 15 km do litoral norte do Estado de São Paulo. Localiza-se entre a cabeceira do rio Paraibuna e na margem direita do rio Paraíba do Sul, entre os paralelos 23°13'28" e 23°16'10" de latitude sul e os meridianos 45°02'53" e 45°05'15" de longitude oeste de Greenwich (FURIAN; PFEIFER, 1986), com altitude média de 1.050 m.

A atual gestão do PESM é realizada pela Fundação Florestal. Localizado dentro do Núcleo Cunha está inserido o Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich – L.H.F.W.E. (Figura 1), gerido pelo Instituto Florestal, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, onde estão localizadas três microbacias hidrográficas experimentais monitoradas, sendo uma delas a microbacia “D”, onde estão instalados os lisímetros, área de estudo desta pesquisa.

Figura 1 - Localização do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha



Fonte: Carta Departamento de Estradas e Rodagem. Escala 1:250.000. (2005). Adaptação Arcova; Kanashiro (2013).

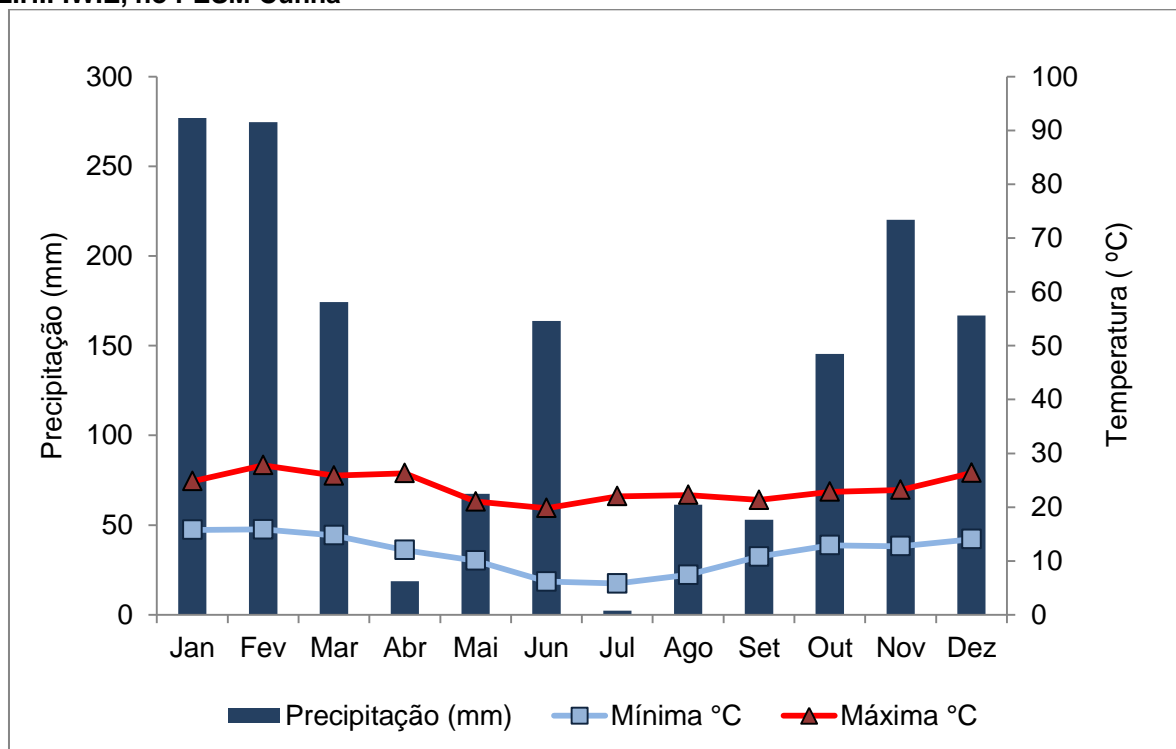
A vegetação nativa do local encontra-se dentro do bioma Mata Atlântica, apresentando formação florestal secundária, área que era utilizada anteriormente à criação do PESH para extração madeireira e agricultura de subsistência. Em alguns locais também foi retirada a cobertura natural sendo substituída por pastagem, na década de 50. Pode-se dizer que a floresta apresenta-se em estágio avançado de recuperação e é classificada como Floresta Ombrófila Densa Alto Montana. É caracterizada por sua formação arbórea mesofanerofítica com aproximadamente 20 m de altura, com a florística representada por famílias de dispersão universal e espécies endêmicas, estando presente em locais com limites acima de 1000 m, onde a água evaporada se condensa em neblina, precipitando-se sobre as áreas elevadas (IBGE, 2012). Devido à elevação onde se encontram, recebem aporte adicional de água por estarem situadas onde as nuvens são mais frequentes (HAMILTON et al., 1995). No entanto, nessa área experimental a precipitação oculta não é um processo importante para a entrada de água, sendo inferior a 0,3% (ARCOVA, 2013).

Luiz (2008) realizou estudo para a classificação climática do Núcleo Cunha, seguindo a proposta de Köppen, definindo-o como tipo Cwb, clima temperado chuvoso e moderadamente quente. Este autor verificou a existência de dois períodos: período úmido de outubro a março, com maiores médias de precipitação e temperatura do ar e pouco úmido de abril a setembro, apresentando as menores médias ao longo do período estudado. É usada a nomenclatura de período menos chuvoso ou pouco úmido de abril a setembro na literatura para o local do estudo, devido à elevada umidade e precipitação que se mantém neste período, de maneira que se evita citá-lo como período seco.

A temperatura média anual é de 16,5°C, sendo no inverno e no verão, em média de 10°C e 22°C, respectivamente (CICCO, 2004). A precipitação pluviométrica média anual do núcleo Cunha, obtida a partir da série histórica do período de maio de 1982 a dezembro de 2012 do pluviógrafo da estação meteorológica do L.H.F.W.E. sendo 2015,7 mm, com valor mínimo de 1491,3 mm e máximo de 3169,0 mm (ARCOVA, 2013). A umidade relativa média mensal do ar está entre 80% a 85% para a estação chuvosa e inferior a 80% para o restante do ano (ARCOVA, 1996). A Figura 2 mostra os valores médios mensais de precipitação, temperatura média

máxima e média mínima, referente ao ano de 2016, obtidos na estação meteorológica do L.H.F.W.E. A temperatura média mínima foi observada no mês de junho com 5,8°C e a máxima em fevereiro com 27,8°C.

Figura 2 - Valores médios mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima, para o ano de 2016 em Cunha – São Paulo – Brasil. Dados registrados na estação meteorológica do L.H.F.W.E, no PESH Cunha



Para o ano de 2016 é possível observar que o período de janeiro a março e outubro a dezembro apresentam maiores valores médios de precipitação, sendo este chamado de período úmido ou estação chuvosa. Este período não é contínuo neste estudo, visto que o período úmido de 2016 foi iniciado em outubro de 2015, assim como para período que foi iniciado em outubro de 2016 e terminou em março de 2017. Nota-se diminuição na precipitação a partir do mês de abril até setembro de 2016 (período pouco úmido), visto que ainda há precipitações neste intervalo. É cabível ressaltar que o valor de precipitação para o mês de junho é considerado atípico para o período avaliado, onde seriam esperados valores inferiores. O período pouco úmido é caracterizado pelas menores valores médios de precipitação encontrados ao longo do ano.

Na área de estudo (microbacia “D”) o solo foi caracterizado por Carvalho (1990) que realizou um reconhecimento detalhado do solo, encontrando predominância de uma mesma classe, sendo sete tipos e duas associações de Latossolo Vermelho-Amarelo (RANZINI, 2004).

3.2 Caracterização dos lisímetros

Lisímetros são grandes recipientes com solo representativo da área a ser estudada, instalados em condições de campo e apresentam sistema de pesagem e controle de entrada e saída de água (BARBOZA JÚNIOR, 2009). São utilizados para medir os componentes do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera, sob tratos culturais e condições climáticas específicas (FARIA et al., 2006). Podem ser utilizados para quantificação da evapotranspiração da cultura e/ou para a quantificação da evaporação do solo.

O início da construção dos lisímetros no L.H.F.W.E. foi em 1983, passando pelo processo de calibração durante 2 anos até o plantio das espécies que foi realizado em 1985. A reposição do solo dentro da área construída foi realizada a fim de se obter características condizentes com suas propriedades originais, separando-os por horizontes similares ao do Latossolo Vermelho-Amarelo. O tipo de vegetação implantada foi diferente para cada lisímetro, sendo: *Paspalum notatum* – Gramínea (lisímetro A), *Pinus elliotti* (lisímetro B) e *Eucalyptus urophylla* (lisímetro C) as espécies estudadas (Figura 3). Durante os anos seguintes foram realizados desbastes dos indivíduos presentes nos lisímetros, pois inicialmente foram plantadas grandes quantidades de mudas.

O processo de calibração foi iniciado em 10/06/1983, tendo como objetivo verificar se existiam diferenças hidrológicas entre os mesmos. O plantio das espécies foi realizado em 20/01/1985, com espaçamento de 0,5 x 0,5 m e 361 mudas. Em 27/05/1986 foi feito um desbaste sistemático, com a eliminação alternada da linha das árvores, restando 100 indivíduos de pinus e 93 indivíduos de eucaliptos. Posteriormente, em 28/03/1988 foi executado o desbaste seletivo, permanecendo 50 indivíduos de pinus e 50 indivíduos de eucaliptos. O último desbaste seletivo foi realizado em 18/12/1990, com 24 árvores de pinus e 22 árvores

de eucalipto até o final da calibração em 31/12/1994, quando os plantios tinham 9 anos e 11 meses.

Figura 3 – Área de estudo: lisímetros a) *Paspalum notatum* (gramínea); b) *Pinus elliottii*; c) *Eucalyptus urophylla*; d) Floresta Atlântica, em ambiente natural



Fonte: arquivo pessoal Luiza Zulian Pinheiro – 2016.

Os três lisímetros estudados são planos e apresentam área superficial de 100 m² (10 m x 10 m) e profundidade de 2 m, com lados e fundo de concreto, 20 cm de cascalho, 10 cm de areia grossa e 150 cm de solo, restando espaçamento de 20 cm entre a superfície e o topo do lisímetro. Suas paredes e fundo são de concreto sendo que o fundo apresenta uma leve inclinação que direciona toda água percolada para uma única saída que consiste em um tubo de 10 cm de diâmetro, sendo possível a quantificação da mesma. No presente estudo não foi realizada a quantificação de saída de água devido a problemas nos equipamentos que computam essa variável. É importante considerar que por se tratar de lisímetros planos, não há escoamento superficial e toda a água das precipitações infiltra no solo. Cabe citar também, que as espécies estudadas nos lisímetros foram implantadas há 32 anos e encontram-se em condições controladas de solo sob as

mesmas condições climáticas desde então. Estes dados proporcionam a este estudo um experimento que utiliza dados de longa duração, onde as diferenças avaliadas são decorrentes deste tempo em que as vegetações estão estabelecidas no local.

O manejo mecânico da gramínea é realizado periodicamente pelos técnicos da estação experimental. É cabível ressaltar que desde a construção dos mesmos não foi feito manejo químico, ou adubação, em nenhuma das vegetações. No Quadro 1 é exposto o levantamento dos indivíduos arbóreos estudados, presentes nos lisímetros, constando sua altura e DAP.

Quadro 1 - Levantamento dos indivíduos arbóreos presente nos lisímetros, sendo estes *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla* com sua altura (m) e diâmetro a altura do peito (DAP) em cm.

<i>Pinus elliottii</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>	
Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)
20-25	36	28-30	16
20-25	27	28-30	28
20-25	26	28-30	21
20-25	34	28-30	26
20-25	25	28-30	27
20-25	34,5	28-30	10,5
20-25	21	28-30	27
20-25	27	28-30	32,5
20-25	21	28-30	17
20-25	32	28-30	15
20-25	31,5	28-30	13,3
20-25	23	28-30	27
20-25	23,5		
20-25	38		
20-25	31,5		
20-25	27		
20-25	21		

3.3 Caracterização da área de Floresta Atlântica

A área de Floresta Atlântica estudada foi demarcada com estacas, no tamanho de 10 m x 10 m, próxima aos lisímetros. Para o levantamento florístico estabeleceu-se selecionar indivíduos maiores que 5 cm de DAP, observando também as alturas.

As amostras de solo foram coletadas dentro da parcela demarcada aleatoriamente durante os diferentes períodos.

Houve predominância da família Myrsinaceae quanto ao número de indivíduos (5), seguido da Euphorbiaceae (3) e Meliaceae (2), sendo 16 indivíduos no total e 9 famílias diferentes (Quadro 2).

Quadro 2 – Levantamento florístico de acordo com o sistema de classificação APG III: família, nome científico e populare, altura em metros e diâmetro a altura do peito (DAP) em cm

Família	Nome Científico	Nome popular	DAP (cm)	Altura (m)
	<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Decne. & Planch			
Araliaceae		Maria Mole	16	10
Cyatheaceae	<i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi. <i>Alchornea</i>	Samambaia-açú	9	1,8
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	Xaxim	15	2,1
Euphorbiaceae	<i>Glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	15	8
Euphorbiaceae	<i>Glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	16	8
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Leiteiro	32	25
Lauraceae	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	Canela-amarela	17	15
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjarana	12	16
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro rosa	28	18
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	15	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	14	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	15	12
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	12	14
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. Ex DC.) Mez.	Capororoca	18	17
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	Gabiroba	7	8
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Espeteiro	9	8

3.4 Coletas e preparo das amostras

As amostras indeformadas de solo foram coletadas utilizando anéis volumétricos de 100 cm³, no sentido vertical em trincheiras nas camadas de: 0,00 – 0,05; 0,30 – 0,35 e 0,50 – 0,55 m, com três repetições por camada, para cada diferente tipo de vegetação (Figura 4).

Figura 4 – Etapas do processo de coleta e secagem das amostras: a) Coleta dos anéis volumétricos com auxílio de trado b) Amostras em estufa no laboratório c) Amostras de solo nos anéis volumétricos



Foram realizadas quatro coletas durante o ano, sendo março (dia 31), junho (dia 14), setembro (dia 30) e dezembro (dia 13) de 2016. Esses meses foram escolhidos com o intuito de representar os dados acumulados de cada estação do ano, sendo possível avaliar as características ao longo do período úmido e pouco úmido.

3.5 Caracterização físico-hídrica do solo

Para determinação das características físico-hídricas do solo, utilizou-se metodologia conforme Embrapa (1997), que consiste em coletar o solo nos anéis volumétricos, vedá-los para que não haja perda de água por evaporação e posterior obtenção da massa úmida por pesagem em balança no laboratório. A pesagem foi realizada no Laboratório do PESM – Núcleo Cunha. Para a determinação da massa

seca, as amostras foram levadas até o Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agrônômicas onde foi realizada a secagem em estufa a 105°C até massa constante e posterior pesagem. O cálculo dos parâmetros avaliados foi realizado através de equações descritas a seguir.

a) Granulometria

Análises foram realizadas segundo metodologia descrita por Embrapa (1997) no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da FCA/Unesp Botucatu – SP.

b) Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada a partir da razão entre a massa do solo seco em estufa 105°C (M_s) e o volume de solo presente no anel cilíndrico (V_t):

$$D_s = \frac{m_s}{v_t} \quad (1)$$

Sendo:

D_s - densidade do solo (g cm^{-3});

m_s - massa do solo seco em estufa a 105°C (g);

v_t - volume total do solo (cm^3).

c) Densidade de partículas

A densidade de partículas do solo foi obtida utilizando o método do picnômetro (KIEHL, 2008), através da relação entre a massa de solo seco (M_s) e o volume de partículas minerais e orgânicas:

$$M_p = \frac{(B-A)}{(D-A)-(C-B)} \quad (2)$$

Sendo:

A – massa picnômetro seco (g);

B - massa picnômetro + massa solo seco (g);

C – massa picnômetro + massa solo seco + massa água destilada (g);

D – massa picnômetro + massa água destilada (g).

d) Porosidade total do solo

A porosidade total do solo foi calculada utilizando valores de densidade do solo (D_s) e densidade de partículas (D_p) através da equação descrita por Klar (1988):

$$P_t = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) 100 \quad (3)$$

Sendo:

P_t - porosidade do solo (cm cm^{-3});

D_s - densidade do solo (g cm^{-3});

D_p - densidade das partículas (g cm^{-3}).

e) Umidade gravimétrica

A umidade gravimétrica do solo (U) foi determinada utilizando a massa de solo úmido (μ) pesadas após a coleta e a massa de solo seco (ms) em estufa $105\text{ }^\circ\text{C}$ até a massa constante.

$$U = \frac{\mu - ms}{ms} \quad (4)$$

Sendo:

U - umidade do solo;

μ - massa do solo úmido (g);

ms - massa do solo seco em estufa (g).

f) Umidade volumétrica

A umidade volumétrica do solo foi obtida através da multiplicação da densidade do solo (Ds) pela umidade gravimétrica (U):

$$\theta = Ds \cdot U \quad (5)$$

Sendo:

θ - umidade do solo a base de volume (cm^3 de água cm^{-3} de solo);

Ds - densidade do solo (g cm^{-3});

U - umidade gravimétrica.

g) Armazenamento de água no solo (KIEHL, 2008)

A quantificação da lâmina de água armazenada no solo foi calculada para as camadas 0,00 - 0,05, 0,30 - 0,35 e 0,50 - 0,55 m, pela equação descrita abaixo utilizando altura (h) de 5 cm, referente ao cilindro volumétrico da coleta de solo.

$$hL = (\theta \cdot h) \cdot 10 \quad (6)$$

Sendo:

hL - lâmina de água armazenada no solo (mm);

θ - umidade do solo a base de volume (cm^3 de água/ cm^3 solo);

h - altura do perfil solo (cm).

h) Armazenamento de água acumulado no perfil do solo (KIEHL, 2008)

$$hLA = \sum_i^n \theta \cdot h \cdot 10 \quad (7)$$

Sendo:

hLA - lâmina de água armazenada acumulada no perfil do solo (mm);

θ - umidade do solo a base de volume (cm^3 de água/ cm^3 solo)

h - altura do perfil solo (cm).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram avaliados por análise de variância e teste de comparação de médias Tukey no nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise granulométrica

Os resultados da distribuição das frações granulométricas do solo estudado estão expostos no Quadro 3, permitindo classificá-lo na classe de textura média para os solos das vegetações estudadas. A classificação é descrita considerando o triângulo para classificação das classes texturais do solo, adotado pela EMBRAPA (2006). Solos com textura média apresentam semelhança entre os teores de argila, silte e argila, geralmente apresentando boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade (KLEIN, 2008).

Quadro 3 - Distribuição granulométrica, areia grossa e fina, argila, silte e textura do solo

Amostra (Vegetação)	Análise Granulométrica					Textura do Solo
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	
			(g.Kg ⁻¹)			
			0,00 – 0,05 m			
<i>P. notatum</i>	335	336	671	206	123	Média
<i>P. elliotii</i>	369	308	677	204	119	Média
<i>E. urophylla</i>	488	259	747	154	99	Média
Floresta Atlântica	380	181	561	272	167	Média
			0,30 – 0,35 m			
<i>P. notatum</i>	359	209	567	278	155	Média
<i>P. elliotii</i>	440	187	627	267	106	Média
<i>E. urophylla</i>	297	350	648	233	119	Média
Floresta Atlântica	338	208	546	319	135	Média
			0,50 – 0,55 m			
<i>P. notatum</i>	387	196	584	274	142	Média
<i>P. elliotii</i>	459	163	622	283	95	Média
<i>E. urophylla</i>	407	191	597	293	110	Média
Floresta Atlântica	375	197	572	289	139	Média

4.2 Densidade de partículas

Para a densidade de partículas (Dp) foram analisadas as médias para cada diferente vegetação, não considerando as diferentes profundidades e diferentes períodos, devido a pouca variação que este atributo apresenta para o mesmo tipo de solo (Quadro 2). A pouca diferenciação entre os valores de Dp é esperada, de

acordo com Brady (1989), visto que este atributo depende da natureza do material mineral predominante no solo, resultando numa pequena diferença para a mesma classe de solo.

Segundo Kiehl (1979) a presença de matéria orgânica no solo pode baixar o valor da densidade de partículas, podendo-se atribuir esta consideração ao menor valor encontrado para a área de Floresta Atlântica. Para Ferreira (2010), na maior parte dos solos minerais a densidade de partículas varia de 2,6 a 2,7 g cm⁻³ devido à predominância do quartzo, que apresenta massa específica de 2,65 g cm⁻³. O mesmo autor também cita em sua obra o valor atribuído de massa específica da matéria orgânica, sendo 1,2 g cm⁻³, que com sua presença gera um abaixamento na densidade de partículas do solo.

Furian e Pfeifer (1986) classificaram os solos do Núcleo Cunha como Latossolo Vermelho Amarelo Fase Rasa e Kiehl (1979) para essa antiga classificação, atribuiu 2,43 - 2,52 g cm⁻³ para o horizonte A e 2,52 g cm⁻³ para o Horizonte B para a densidade de partículas do solo.

Quadro 4 – Densidade de partículas para os diferentes tipos de vegetação

Vegetação	Densidade de partículas g cm ⁻³
<i>Eucalyptus urophylla</i>	2,29
<i>Paspalum notatum</i>	2,25
<i>Pinus elliottii</i>	2,21
Floresta	2,08

No estudo realizado por Melloni (2008) foram observados os menores valores de densidade de partículas para uma área com Floresta Atlântica, quando comparado a outros ecossistemas estudados, apresentando valores maiores ou iguais, sendo estes *Eucalyptus grandis*, floresta de araucária e pastagem (*Brachiaria decumbens*). Pode se, portanto, citar que este estudo descrito acima contribui para a discussão deste item, sendo observado o mesmo padrão de valores de Dp, onde a área de Floresta Atlântica apresentou o menor valor avaliado (2,08 g cm⁻³), numa comparação com uma gramínea e eucalipto, ainda que de outras espécies.

4.3 Densidade do solo

Para a densidade do solo, através do teste Tukey a 5% de significância, foi possível compreender se houve diferenças significativas entre as vegetações para cada mês avaliado. A análise foi feita para as diferentes camadas estudadas.

Na Tabela 1 estão apresentados os dados da camada superficial (0,0 – 0,05 m). Observando a análise estatística nota-se que houve diferença significativa para a área com Floresta Atlântica quando comparada aos outros tipos de vegetação, em todos os meses avaliados. Esta apresentou a menor densidade na superfície.

Tabela 1 - Densidade do solo (g cm^{-3}) na superfície (0,00 – 0,05 m) para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Camada	Densidade do solo			
	m	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,00 – 0,05	1,01 a	0,98 a	1,02 a	0,79 b
Junho	0,00 – 0,05	1,09 a	1,07 a	1,03 a	0,84 b
Setembro	0,00 – 0,05	1,08 a	0,99 a	1,07 a	0,81 b
Dezembro	0,00 – 0,05	1,05 a	0,98 a	1,01 a	0,87 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Melloni et al. (2008) em uma comparação entre uma vegetação natural (Floresta Atlântica), araucária, pasto implantado (*Brachiaria decumbens*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) verificou que para a densidade do solo na camada superficial estudada (0,00 – 0,20 m) os menores valores encontrados foram para eucalipto e Floresta Atlântica, com 1,06 e 0,94 g cm^{-3} , respectivamente, corroborando com os menores valores encontrados (e comparados estatisticamente) para a área com Floresta Atlântica do presente estudo. Quando observados apenas valores numéricos para o *Eucalyptus urophylla*, principalmente para março, setembro e dezembro também é possível comparar que este foi o que apresentou menores valores de densidade, após o menor valor da área de Floresta Atlântica.

Zanon (2013) também verificou menores valores de Ds para a camada superficial avaliada (0,00 – 0,10 m) em comparação a profundidade 0,10 – 0,20 m para uma área com mata nativa e eucalipto, em relação a uma comparação com

pastagem e café, atribuindo estes resultados ao maior aporte de matéria orgânica propiciado por essas coberturas na superfície do solo.

Para a profundidade 0,30 – 0,35 m (Tabela 2) no mês de março, o solo com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla* não apresentaram diferença significativa entre si, assim como a área com Floresta Atlântica e *Paspalum notatum*, que se apresentaram com valores similares. Para junho é notado o maior valor para a Floresta Atlântica, seguido do *Eucalyptus urophylla* se apresentando com um valor intermediário, não diferindo estatisticamente às demais vegetações. Os menores valores foram a *Paspalum notatum* e *Pinus elliotti*, que não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 2 - Densidade do solo (g cm^{-3}) na camada 0,30 – 0,35 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Camada m	Densidade do solo g cm^{-3}			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,30 – 0,35	1,07 b	1,16 b	1,30 a	1,27 a
Junho	0,30 – 0,35	1,17 b	1,25 ab	1,15 b	1,35 a
Setembro	0,30 – 0,35	1,08 b	1,15 ab	1,19 a	1,17 a
Dezembro	0,30 – 0,35	1,13 c	1,20 ab	1,26 a	1,18 bc

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Em setembro o *Eucalyptus urophylla* apresentou novamente um valor intermediário quando comparado estatisticamente aos demais, enquanto *Paspalum notatum* e Floresta Atlântica não apresentaram diferenças entre si, com valores maiores que o *Pinus elliottii*.

Pode-se notar que para o mês de dezembro, todos os valores encontrados foram maiores que para setembro, sendo possível inferir que houve um aumento na compactação do solo. A gramínea (*Paspalum notatum*) apresentou maior valor de densidade do solo, enquanto Floresta Atlântica e *Eucalyptus urophylla* puderam ser comparáveis estatisticamente e o *Pinus elliottii* com o menor valor observado, diferindo-se dos demais. A Floresta Atlântica também não diferiu estatisticamente do *Pinus elliottii*.

Analisando a camada superficial em comparação com a camada 0,30 – 0,35 m, se pode notar um aumento nos valores de densidade do solo, com maiores variações entre as vegetações. Essa observação também diz respeito à profundidade 0,50 – 0,55 m (Tabela 3). Este fato está de acordo com Kiehl (1979) que descreve o aumento da densidade do solo com a profundidade do perfil. Isso ocorre devido a fatores tais como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes, diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila, dentre outros (COSTA et al, 2003). Estas informações descritas na literatura corroboram com os dados encontrados de densidade do solo no presente estudo, onde se pode observar este aumento da densidade de acordo com as profundidades estudadas.

Para a camada 0,50 – 0,55 m (Tabela 3), no mês de março não houve diferenças significativas entre os valores de densidade encontrados. Para junho o *Pinus elliottii* e a *Paspalum notatum* não diferiram estatisticamente, porém diferindo-se do *Eucalyptus urophylla* e da Floresta Atlântica que, neste mês, apresentou o maior valor encontrado. Em setembro, a *Paspalum notatum* e a Floresta Atlântica apresentaram-se semelhantes estatisticamente e o *Eucalyptus urophylla* com o menor valor e diferente dos outros, enquanto o *Pinus elliottii* não diferiu das demais vegetações. Para dezembro, apenas o *Pinus elliottii* apresentou diferenças significativas com o menor valor desta coleta.

Tabela 3 - Densidade do solo (g cm^{-3}) na camada 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Camada m	Densidade do solo g cm^{-3}			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,50 – 0,55	1,16 a	1,25 a	1,30 a	1,20 a
Junho	0,50 – 0,55	1,17 c	1,31 b	1,17 c	1,44 a
Setembro	0,50 – 0,55	1,14 ab	1,08 b	1,19 a	1,21 a
Dezembro	0,50 – 0,55	1,08 b	1,25 a	1,27 a	1,21 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

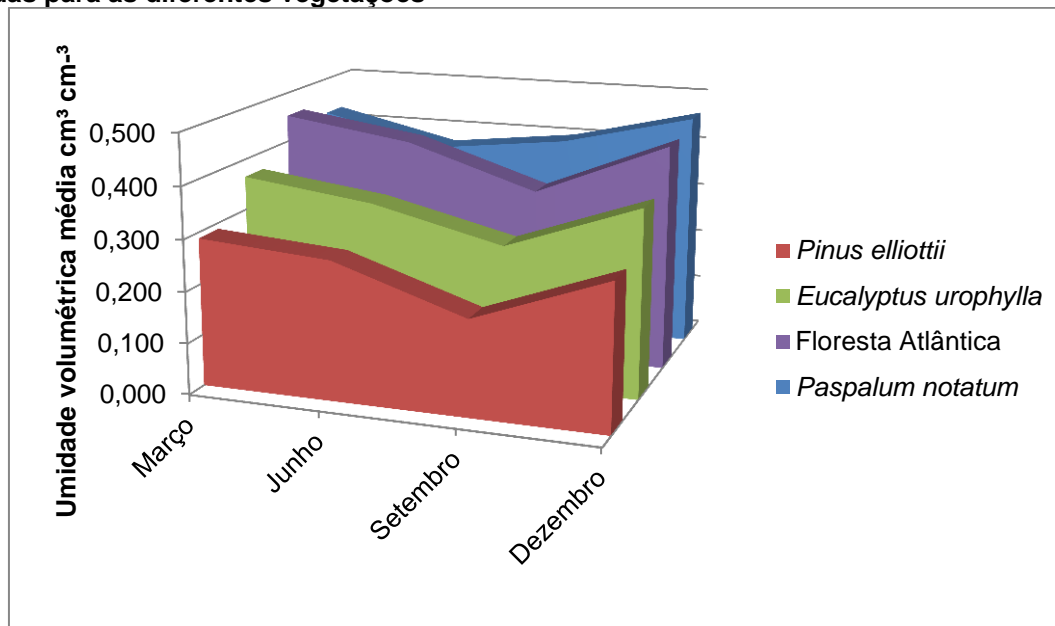
De maneira geral, quando observados os valores de densidade do solo, é notado que para a camada superficial houve os menores valores encontrados quando comparado às camadas mais profundas. A área com Floresta Atlântica na superfície apresentou o solo menos compactado em relação às demais vegetações em estudo. Podem-se relacionar tais valores com o que é descrito pela literatura, citando que a maior quantidade de matéria orgânica nas camadas superficiais, principalmente em área com floresta, devido à maior presença de material orgânico provindo da serapilheira na superfície do solo.

Para solos agrícolas a densidade do solo pode variar entre 0,9 a 1,8 g cm⁻³, podendo-se destacar que além da mineralogia, outras características são capazes de interferir nos valores de densidade, podendo-se destacar textura e do teor de matéria orgânica do solo (FERREIRA, 2010; KIEHL, 2008). A participação da matéria orgânica é fundamental na estruturação das camadas superficiais dos solos, pois devido a sua estrutura granular grumosa (assim como citado anteriormente para a densidade de partículas), fará com que os valores de densidades sejam diminuídos pela presença destes, o que pode resultar também, numa maior porosidade do solo (FERREIRA, 2010). Este autor ainda cita que o monitoramento dos valores da densidade ao longo do tempo pode fornecer informações sobre a influência do uso e manejo do solo, o que pode ser atribuído a este trabalho, quando comparadas as diferentes vegetações. É cabível ressaltar a influência da água no solo para este atributo físico, pois afeta diretamente a consistência do solo.

4.4 Umidade volumétrica

Para a umidade volumétrica em todas as camadas e meses avaliados, foi possível observar que o *Pinus elliottii* apresentou os menores valores quando observados os dados médios entre camadas (Figura 5), sendo diferentes estatisticamente quando comparados aos demais tipos de vegetação (Tabelas 3, 4 e 5). Houve exceção apenas para a camada 0,50 – 0,55 m, o qual mesmo assim, o *Pinus elliottii* permaneceu com valor inferior as demais vegetações.

Figura 5 – Dados médios de umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) entre as camadas do solo avaliadas para as diferentes vegetações



Tal fato é atribuído neste estudo pela diferente forma de interceptação que é proporcionada pelas acículas do *Pinus elliottii*. Em um estudo realizado nos mesmos lisímetros no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, em Cunha, foram obtidos dados que consideram o percentual médio da interceptação (em relação à precipitação a céu aberto) no lisímetro com *Eucalyptus urophylla* sendo 5,6%, enquanto para o *Pinus elliottii* é de 19,2%* .

Estes dados complementam com o que é observado no presente estudo, sendo a menor umidade observada na superfície para o lisímetro com *Pinus elliottii*, pois maior parte da precipitação é interceptada pela copa das árvores quando comparado a Floresta Atlântica e *Eucalyptus urophylla*, não chegando até o solo da mesma forma, devido as diferentes estruturas foliares que apresentam. É citado na literatura quando se trata de interceptação as disparidades apresentadas por cada tipo de cobertura vegetal ou florestal, devido às diferenças na área foliar e também na estrutura da casca, sendo estes fatores-chave para elaborar uma discussão sobre a quantidade de água que chega ao solo efetivamente (FREITAS et al., 2013). É também relevante citar que estes fatores são muito específicos para cada localidade tanto para os diferentes tipos de vegetação, quanto para as condições climáticas nas

* Comunicação pessoal de Francisco C. S. Arcova, Maurício Ranzini e Valdir de Cicco, em 21 de março de 2018, recebida por correio eletrônico.

quais a floresta natural ou plantada está inserida (LEOPOLDO; CONTE, 1985; LIMA, 1993; ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003).

Nesta comparação, não é cabível considerar a gramínea (*Paspalum notatum*), pois esta não apresenta estrutura florestal de interceptação pela copa das árvores, onde todo aporte de água oriunda da precipitação chega diretamente ao solo.

Para a realização da discussão deste item considera-se que para setembro e dezembro é relevante citar que houve precipitação nos dias anteriores às coletas (Quadro 5), sendo possível notar que os maiores valores de umidade, principalmente na camada superficial para a gramínea (*Paspalum notatum*) (Tabela 1), foram considerados superiores às demais vegetações.

Quadro 5 – Precipitação (mm) para os 5 dias anteriores às coletas de solo e para o dia anterior nos meses avaliados

Mês/2016	5 dias anteriores	Dia anterior
	mm	
Março	2,8	0
Junho	0	0
Setembro	14,4	2,4
Dezembro	33	14

Observando o Quadro 5 e relacionando-o com a Figura 5 é possível inferir que após o final do período pouco úmido (abril a setembro) houve uma queda significativa para os valores de umidade das áreas com *Eucalyptus urophylla*, *Pinus elliottii* e Floresta Atlântica, o que pode ser atribuído ao fato descrito anteriormente em que, nas coletas em que houve precipitação nos dias anteriores, a gramínea (*Paspalum notatum*) apresentou maior umidade por receber a água sem estrutura florestal da copa das árvores para interceptá-la. Sendo assim, momentaneamente, a água está presente no solo em maior quantidade para a *Paspalum notatum*, porém é evaporada mais rapidamente devido à radiação solar incidente e as diferentes características que uma estrutura florestal apresenta, visto que quando observado o armazenamento acumulado de água no solo (Figura 7), a Floresta Atlântica apresentou maior capacidade em manter esta água no solo por mais tempo. Esta consideração é baseada no fato em que a Floresta Atlântica apresentou os maiores

valores de armazenamento acumulado de água no solo e diferenças significativas, quando observados os dados médios para os diferentes períodos comparados entre as vegetações estudadas, obtendo uma maior quantidade de água armazenada.

Considera-se que os meses escolhidos para as coletas foram selecionados a fim de estabelecer o final dos períodos acumulados para cada estação do ano, tal fato que pode ser explanado quando se considerou que setembro representa o final do período mais seco (menores precipitações) avaliadas.

Observando a camada superficial 0,00 – 0,05 m (Tabela 4) no mês de março, o *Eucalyptus urophylla*, *Paspalum notatum* e Floresta Atlântica não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que em junho a Floresta Atlântica passa a apresentar o maior valor encontrado, com diferenças significativas às demais vegetações. Em setembro foi observado o maior valor para a *Paspalum notatum*, tal qual se apresentou diferente das demais vegetações, enquanto a área com Floresta Atlântica foi similar com o *Eucalyptus urophylla*. Já em dezembro a maior umidade foi encontrada na *Paspalum notatum*, seguido da Floresta Atlântica e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente.

Tabela 4 - Umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na camada 0,00 – 0,05 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

	Camada m	Umidade volumétrica g cm^{-3}			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,00 - 0,05	0,337 b	0,412 a	0,459 a	0,456 a
Junho	0,00 - 0,05	0,269 c	0,364 b	0,378 b	0,422 a
Setembro	0,00 - 0,05	0,203 c	0,330 b	0,433 a	0,318 b
Dezembro	0,00 - 0,05	0,311 d	0,378 c	0,486 a	0,457 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Através das observações da umidade na superfície do solo é possível inferir principalmente, sobre a quantidade de água que atinge o solo com as diferentes vegetações. Tal fenômeno pode ser descrito através da avaliação da interceptação de água que estas vegetações proporcionam. Pode-se atribuir que o *Pinus elliottii* interceptou maiores quantidades de água em todos os meses avaliados, devido à sua folha acicular, pois são capazes de reter partículas de água de maneira distinta

que a folha lanceolada do eucalipto, que apresenta cauda bastante pronunciada (SCANAVACA JUNIOR, 2001), sendo esta uma característica foliar que favorece o movimento da água com a gravidade, de chegar até o solo.

Sari (2011) encontrou em seu estudo sobre interceptação realizado em Santa Maria - RS, que a interceptação de água na vegetação nativa (Mata Atlântica) é superior à encontrada para uma área reflorestada com eucalipto (*Eucalyptus sp.*). A autora considerou que tal fato pode ser atribuído a maior variabilidade da vegetação nativa, devido a diferentes diâmetros de caule, altura da vegetação, área da copa, densidade da vegetação, entre outros, em relação a espécies plantadas, como eucalipto que apresentam um padrão semelhante nas características da vegetação.

Calux e Thomaz (2012) realizaram um estudo de interceptação em área de Floresta Ombrófila Mista, onde se destacavam no estrato superior as espécies *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) e *Phoebe porosa* (imbuia), em comparação a uma área de plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. Foi possível verificar neste estudo que a interceptação da área com Pinus foi 83% maior que a área com floresta nativa. Tais dados corroboram com a evidência dos dados de umidade do solo ter sido consideravelmente menores para a área com *Pinus elliottii*, ainda que não quantificados neste estudo valores com relação à interceptação.

Nota-se de maneira geral que há diminuição nos valores encontrados nas camadas mais profundas avaliadas, sendo na camada 0,30 – 0,35 m (Tabela 5) para todos os meses o *Pinus elliottii* apresenta o menor valor e é diferente estatisticamente dos demais. A Floresta Atlântica apresenta em março e junho os maiores valores e é diferente estatisticamente da *Paspalum notatum*, tal fato que se altera para setembro e dezembro, pois esta passa a apresentar maior umidade, sendo maior que para a área com Floresta Atlântica ou igual estatisticamente. Estes são meses que, como citado acima, apresentaram precipitação nos dias anteriores a coleta.

Tabela 5 - Umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na camada 0,30 – 0,35 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Camada	Umidade volumétrica			
	m	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,30 - 0,35	0,257 c	0,338 b	0,448 b	0,455 a
Junho	0,30 - 0,35	0,267 c	0,338 b	0,341 b	0,414 a
Setembro	0,30 - 0,35	0,208 d	0,262 c	0,398 a	0,356 b
Dezembro	0,30 - 0,35	0,283 c	0,363 b	0,434 a	0,448 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Para a camada 0,50 – 0,55 m (Tabela 6) observa-se que os valores em março apresentaram maior similaridade quando analisados estatisticamente, visto que a Floresta Atlântica apresentou maior umidade, porém pôde ser comparável estatisticamente com o *Eucalyptus urophylla* e *Paspalum notatum*. Para junho a *Paspalum notatum* e a Floresta Atlântica não se diferiram, assim como *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla*. E novamente, como citado anteriormente, para setembro e dezembro a gramínea (*Paspalum notatum*) passa a apresentar a maior umidade, seguido da área com Floresta Atlântica, *Eucalyptus urophylla* e *Pinus elliottii*, respectivamente, todos apresentando diferenças estatísticas entre si.

Tabela 6 - Umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na camada 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Camada	Umidade volumétrica			
	m	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,50 - 0,55	0,272 b	0,346 ab	0,372 ab	0,448 a
Junho	0,50 - 0,55	0,275 b	0,297 b	0,387 a	0,411 a
Setembro	0,50 - 0,55	0,149 d	0,224 c	0,365 a	0,329 b
Dezembro	0,50 - 0,55	0,256 d	0,360 c	0,465 a	0,424 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

4.5 Porosidade total do solo

Para a superfície do solo (0,00 – 0,05 m) pode-se descrever que para a coleta de março não houve diferenças significativas entre as vegetações, ainda que o valor encontrado para a área de Floresta Atlântica foi o mais elevado (Tabela 7). Para junho, a Floresta Atlântica também apresentou o maior valor e desta vez, foi considerado diferente estatisticamente aos outros. O maior valor de porosidade para setembro foi encontrada para a área com Floresta Atlântica, porém estes valores também foram considerados semelhantes estatisticamente para o *Eucalyptus urophylla* e *Paspalum notatum*. Tal fato que se manteve relativamente similar ao encontrado em dezembro, o qual a área com Floresta Atlântica não se diferiu estatisticamente do encontrado para o *Eucalyptus urophylla*.

Em um estudo realizado por Leite et al. (2013) analisando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distroférrico na camada 0,00 – 0,10 cm foram encontrados valores de porosidade total em uma comparação entre solo com pastagem com 57% e para a mata nativa (Floresta Atlântica) 59%. Estes valores corroboram com o presente estudo, onde a área com Floresta Atlântica também apresentou maior porosidade na superfície e para os valores médios entre as camadas.

Tabela 7 - Porosidade total do solo (%) na camada superficial 0,00 – 0,05 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Profundidade m	Porosidade total do solo (Pt) %			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,00 – 0,05	54,491 a	56,995 a	54,548 a	62,088 a
Junho	0,00 – 0,05	50,977 b	53,361 b	54,329 b	59,874 a
Setembro	0,00 – 0,05	51,388 b	56,733 ab	52,728 ab	60,919 a
Dezembro	0,00 – 0,05	52,714 b	57,083 a	54,977 ab	58,228 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Observando os valores encontrados nas camadas mais profundas (Tabela 8 e 9) pode-se citar que houve diminuição da Pt para as profundidades inferiores do solo. Esta diminuição também foi observada no estudo realizado por Bertol et al. (2000) numa comparação entre diferentes preparos do solo, realizada em um cambissolo

húmico álico. Este padrão também é observado para a densidade do solo, como citado anteriormente, visto que estes são atributos que apresentam relação inversa com a profundidade do solo (HILLEL, 1982).

Em um estudo realizado por Ramos et al. (2013) analisando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distroférico na camada 0,00 – 0,10 m, foram encontrados valores de porosidade total em uma comparação entre solo com pastagem com 57% e para a mata nativa (Floresta Atlântica) 59%. Estes valores corroboram com o presente estudo, onde principalmente para a área com Floresta Atlântica os valores encontram-se próximos.

Diferindo-se do que foi encontrado para a camada superficial, para a camada 0,30 – 0,35 m no mês de março *Paspalum notatum* e a Floresta Atlântica não diferiram estatisticamente, enquanto pode-se comparar o *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla*. Em junho a Floresta Atlântica se apresentou diferente significativamente com valores inferiores aos demais tipos de vegetação. O mesmo foi encontrado para o mês de setembro, porém o valor da *Paspalum notatum* não diferiu da Floresta Atlântica, sendo também considerada similar ao *Eucalyptus urophylla*. Em dezembro os valores para a *Paspalum notatum* e Floresta Atlântica não diferiram estatisticamente, assim como o *Pinus elliottii* e o *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 8 - Porosidade total do solo (%) na camada 0,30 – 0,35 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Profundidade m	Porosidade total do solo (Pt)			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,30 – 0,35	51,855 a	49,354 a	42,342 b	39,072 b
Junho	0,30 – 0,35	47,228 a	45,359 a	49,121 a	35,192 b
Setembro	0,30 – 0,35	51,298 a	49,762 ab	46,987 bc	43,605 c
Dezembro	0,30 – 0,35	49,099 a	47,341 a	43,925 b	43,396 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Houve uma inversão no padrão encontrado para a superfície quando comparado à camada 0,30 – 0,35 m e também para 0,50 – 0,55 m, entre as diferentes vegetações, o qual a Floresta Atlântica apresentou maior Pt, o que para as camadas mais profundas obteve-se os menores valores para esta vegetação.

Tabela 9 - Porosidade total do solo (%) na camada 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

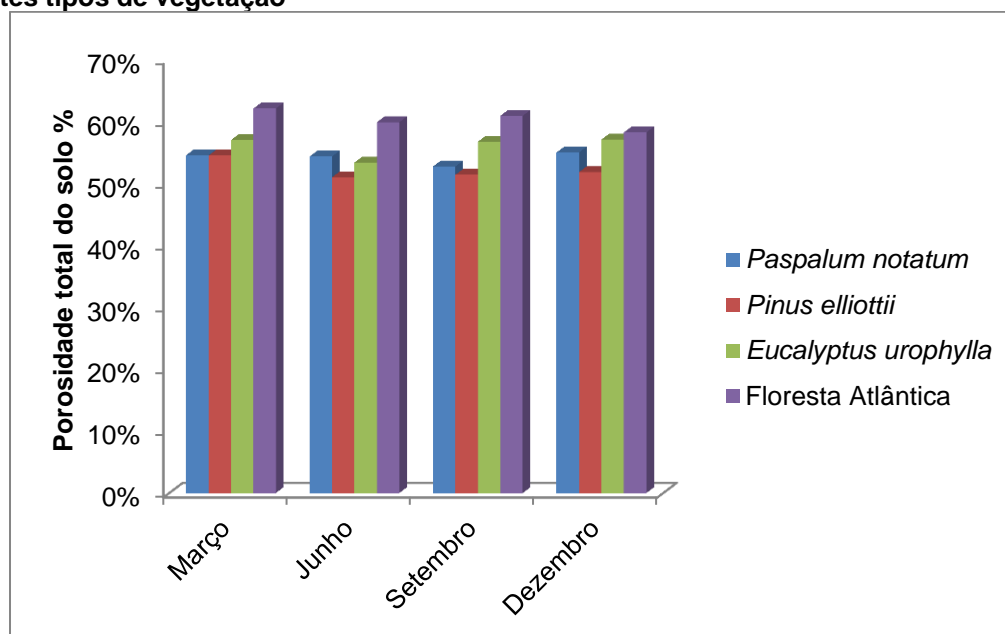
Coleta	Profundidade	Porosidade total do solo (Pt)			
	m	%			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,50 – 0,55	47,714 a	45,387a	42,460 a	42,483 a
Junho	0,50 – 0,55	47,116 ab	42,743 b	48,183 a	30,865 c
Setembro	0,50 – 0,55	48,497 ab	52,752 a	47,372 b	42,051 c
Dezembro	0,50 – 0,55	51,208 a	45,446 b	43,525 b	41,859 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Para a camada mais profunda 0,50 – 0,55 m observam-se valores próximos ao encontrado na camada intermediária 0,30 – 0,35 m, valores inferiores aos encontrados para a camada superficial, onde supostamente recebe maior aporte de matéria orgânica no solo. No mês de março não houve diferenças significativas entre os tipos de vegetação, enquanto para junho nota-se uma exceção onde a Floresta Atlântica apresentou o menor valor encontrado de Pt, assim como no item anterior pode-se notar maior Ds, visto que estes são atributos dependentes entre si. Atribui-se esta exceção a uma amostra com maior quantidade material rochoso presente, visto que este valor realmente apresenta grande disparidade para com os demais.

Na Figura 6 são expostos dados médios de Pt, onde é possível observar que a área com Floresta Atlântica apresenta valores superiores aos demais tipos de vegetação em todos os meses de coleta, assim como o maior valor encontrado no mês de março com 62,09%. Os menores valores médios encontrados ficaram entre o *Pinus elliottii* e a *Paspalum notatum*.

Figura 6. Valores médios entre as profundidades para porosidade total do solo para os diferentes tipos de vegetação



Oliveira Junior (2006) discorre em seu estudo que solos com cobertura florestal possuem maior taxa de infiltração de água da chuva em comparação com campos, pastagens e solos agrícolas, devido a sua melhor estrutura e porosidade. Esta maior porosidade pode ser explicada pela maior deposição de material orgânico (serapilheira) principalmente na superfície, que atraem a fauna e microbiota do solo, que resultam também numa melhor penetração das raízes no solo (ROMANOVISK, 2001). Conseqüentemente, este processo está vinculado à elevação da porosidade, visto que este é um atributo dependente diretamente de sua densidade.

Observando a Figura 6 é possível analisar que diferente da umidade volumétrica em que a *Paspalum notatum* é comparada com valores próximos à Floresta Atlântica, para a porosidade total observando as médias entre as camadas, este padrão não é encontrado. Nota-se que o *Eucalyptus urophylla*, exceto para junho, apresentou os maiores valores médios próximos à área com Floresta Atlântica, em ambiente natural. Esta atua fornecendo uma maior porosidade, resultando numa maior infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e é capaz, portanto, de oferecer melhores condições para o abastecimento dos lençóis freáticos e mananciais, e conseqüente manutenção do ciclo hidrológico.

4.6 Armazenamento de água no solo

O armazenamento de água no solo para este item diz respeito à quantidade de água armazenada por camada avaliada independentemente das camadas superiores, ou seja, dados separados por profundidade avaliada (Tabelas 10, 11 e 12). Este atributo diz respeito à relação entre o volume de água em determinada área e a profundidade do solo a ser estudado, estabelecendo resultados da lâmina de água expressada em milímetros (KIEHL, 2008).

Na superfície (0,00 – 0,05 m) no mês de março o *Pinus elliottii* foi o único que apresentou diferenças significativas estatisticamente dos demais, apresentando menor quantidade de armazenamento de água, o que também foi observado para os demais meses. Em junho é observado a Floresta Atlântica apresentando os maiores valores e diferindo dos demais, seguido da gramínea (*Paspalum notatum*) que passa a apresentar o maior valor e diferenças estatísticas em setembro e o mesmo ocorrendo em dezembro. Entende-se para este item também a reflexão citada no item 4.4, atribuindo estes valores a quantidade de água interceptada pelas vegetações de formação florestal (Floresta Atlântica, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus urophylla*).

Tabela 10 - Armazenamento de água no solo (mm) na camada 0,00 – 0,05 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

	Profundidade m	Armazenamento de água no solo mm			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,00 – 0,05	16,850 b	20,617 a	22,933 a	22,800 a
Junho	0,00 – 0,05	13,462 c	18,213 b	18,920 b	21,113 a
Setembro	0,00 – 0,05	10,150 c	16,517 b	21,667 a	15,883 b
Dezembro	0,00 – 0,05	15,550 d	18,917 c	24,283 a	22,850 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Como esperado, nas camadas mais profundas houve uma redução na quantidade de água armazenada no solo. O mesmo padrão da camada superficial também foi observado para a camada 0,30 – 0,35 m, onde os valores passam a apresentar diferenças estatísticas em setembro quando *Paspalum notatum*

apresentou o maior valor, seguido da área com Floresta Atlântica, valores que se igualaram no mês de dezembro.

Tabela 11 - Armazenamento de água no solo (mm) na camada 0,30 – 0,35 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Profundidade	Armazenamento de água no solo			
	m	mm			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,30 - 0,35	12,867 c	16,917 b	22,400 b	22,767 a
Junho	0,30 - 0,35	13,362 c	16,885 b	17,0367 b	20,680 a
Setembro	0,30 - 0,35	10,417 d	13,117 c	19,883 a	17,800 b
Dezembro	0,30 - 0,35	14,167 c	18,133 b	21,683 a	22,383 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

Para a camada mais profunda avaliada 0,50 – 0,55 m o *Pinus elliottii* apresentou o menor valor encontrado dentre todos observados no mês de setembro. Foi observado entre todas as profundidades o mesmo padrão observado na Tabela 11, exceto mês de dezembro em que a *Paspalum notatum* apresentou maior armazenamento de água no solo e diferenças significativas da Floresta Atlântica e mês de março onde o *Eucalyptus urophylla* e *Paspalum notatum* não apresentaram diferenças significativas para *Pinus elliottii* e Floresta Atlântica, ainda que estes sejam considerados diferentes.

Tabela 12 - Armazenamento de água no solo (mm) na camada 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

Coleta	Profundidade	Armazenamento de água no solo			
	m	mm			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,50 - 0,55	13,583 b	17,317 ab	18,600 ab	22,417 a
Junho	0,50 - 0,55	13,755 b	14,862 b	19,347 a	20,543 a
Setembro	0,50 - 0,55	7,467 d	11,217 c	18,267 a	16,467 b
Dezembro	0,50 - 0,55	12,817 d	18,000 c	23,267 a	21,183 b

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

A mesma reflexão sobre a interceptação das árvores e a alternância dos valores entre a Floresta Atlântica e a gramínea (*Paspalum notatum*) é cabível também para

este item, tendo em vista que a umidade volumétrica e o armazenamento são atributos diretamente dependentes entre si.

4.7 Armazenamento acumulado de água no perfil do solo

Para análise da quantidade de água armazenada no perfil do solo foi utilizada a profundidade 0,50 – 0,55 m para realizar a discussão e análise estatística (Tabela 13). Ou seja, através das equações utilizadas para o cálculo deste atributo, foi possível inferir sobre a água acumulada armazenada desde a superfície, profundidade intermediária (0,30 – 0,35 m) até a camada mais profunda.

Tabela 13 - Armazenamento acumulado de água (mm) na profundidade 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação e meses avaliados

	Profundidade m	Armazenamento de água acumulado mm			
		<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Paspalum notatum</i>	Floresta Atlântica
Março	0,50 - 0,55	144,333 c	182,833 b	213,111 a	226,611 a
Junho	0,50 - 0,55	135,261 d	166,533 c	184,344 b	207,789 a
Setembro	0,50 - 0,55	93,444 d	136,166 c	167,166 b	199,389 a
Dezembro	0,50 - 0,55	141,778 c	183,500 b	221,389 a	230,778 a

As médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferente entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 5%.

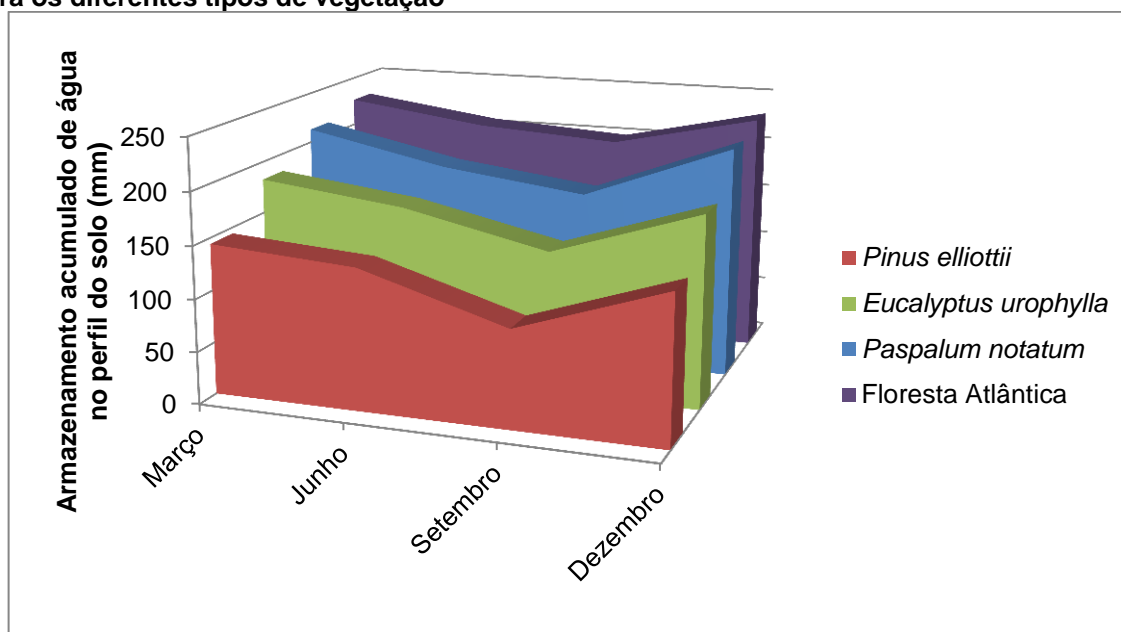
Para a quantificação da umidade volumétrica (item 4.4) e do armazenamento de água no solo, foi observado um padrão onde o *Pinus elliottii*, apresentou os menores valores encontrados e havendo diferenças significativas perante as demais vegetações. A área de Floresta Atlântica apresentou os maiores valores de armazenamento acumulado de água no solo e não apresentou diferenças estatísticas com a *Paspalum notatum* para os meses de março e dezembro, sendo estes os meses que apresentaram maiores precipitações quando comparados a junho e setembro. Sendo assim, observa-se nos meses mais secos que estes valores apresentam diferenças significativas, o que pode ser atribuído ao armazenamento de água neste período

Os dados do estudo realizado por Órdoñez (2014) em um Neossolo Quartzarênico em São Manuel, no Estado de São Paulo, para o armazenamento de água no solo corroboram com o presente estudo onde na camada mais profunda

avaliada 0,80 – 1,00 m foram observados os maiores valores de armazenamento de água no solo (média anual) para a área com floresta com 209,0 mm, seguido da cobertura com gramínea utilizada para pastagem (*Brachiaria decumbens*) com 176,1 mm e para o plantio de pinus 105,6 mm. Considera-se que a área com gramínea é um pasto degradado inserido há mais de 20 anos. Ainda que o tipo de solo estudado seja diferente que o estudo presente, o mesmo padrão foi observado onde a área de solo com floresta foi capaz de armazenar mais água, quando comparado à área com gramínea e pinus, sendo este o que também apresentou o menor armazenamento de água no solo observado ao longo do período estudado. Também foi observado que nos meses com menores precipitações (junho, julho e agosto) a área com floresta apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparada as demais vegetações, o que também é comparável com o presente estudo.

Rodrigues (2012) também estudou o armazenamento de água no perfil do solo numa comparação entre *Eucalyptus grandis* e solo descoberto em Lençóis Paulista, Estado de São Paulo, avaliando um Neossolo Quartzarênico para o fim do período úmido (abril) e seco (outubro). Na camada mais profunda estudada 1,0 – 1,1 m o armazenamento de água para a área com *Eucalyptus grandis* foi de 158,7 mm e 209,8 mm para o solo descoberto no período úmido, enquanto no período seco o armazenamento foi de 112,4 para o *Eucalyptus grandis* e 171,6 para o solo descoberto. Tais valores são comparados aos encontrados neste estudo para o *Eucalyptus urophylla*, onde principalmente o valor encontrado para junho com 166,533 mm e setembro com 136,166 m se aproximam do encontrado para outubro (mês próximo comparável entre os estudos) da área com *Eucalyptus grandis* com 158,7 mm. A Figura 7 ilustra o maior armazenamento de água no período com as menores precipitações mensais (junho e setembro) na área com Floresta Atlântica.

Figura 7 – Armazenamento acumulado de água no solo (mm) na profundidade 0,50 – 0,55 m para os diferentes tipos de vegetação



Esta capacidade pode ser atribuída ao maior fornecimento de matéria orgânica no solo que uma área com Floresta Atlântica proporciona ao ambiente em comparação aos outros tipos de vegetações estudadas, através da manutenção da cobertura do solo ou maior aporte de matéria orgânica, resultando também na ciclagem de nutrientes pela serapilheira, que mantém no solo maior umidade, diminuindo a perda de água para a atmosfera através da evaporação. Portanto, pode-se citar que a Floresta Atlântica apresentou melhores condições para a manutenção da água no sistema ao longo do tempo.

Este fato é extremamente relevante, pois se pode citar que a Floresta Atlântica proporciona ao ambiente as melhores condições para a manutenção do ciclo hidrológico dentre as vegetações estudadas, favorecendo a infiltração de água no solo e atenuando o escoamento superficial. Ainda que a Floresta Atlântica apresente maior interceptação pela copa das árvores da precipitação quando comparada a uma gramínea, no caso deste estudo a *Paspalum notatum*, sua estrutura florestal e todos seus atributos são capazes de fornecer um maior equilíbrio no sistema solo-planta-atmosfera.

Sendo assim, a manutenção dos remanescentes florestais, assim como a restauração dos ambientes florestais degradados são de extrema importância para

que não ocorram futuramente crises devido à escassez hídrica, visto que essas situações já são problemas na atualidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este estudo explanou considerações relevantes para um melhor entendimento da dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, utilizando uma metodologia simples e de baixo custo que é capaz de fornecer informações dos atributos físico-hídricos do solo que podem ser utilizados em inúmeros estudos, de maneira comparativa ou para a formação de um banco de dados.
- A precipitação anterior aos dias da coleta para os meses de dezembro e setembro proporcionou interessantes reflexões sobre a capacidade de interceptação das espécies estudadas.
- Sugere-se para estudos em quantificações dos atributos relacionados à água em diferentes coberturas florestais, que seja realizada uma avaliação conjunta das formas de interceptação de água pela copa das árvores e escoamento pelo tronco, visto que estas são características que interferem diretamente sobre a água que atinge o solo.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir:

- Para a hipótese do estudo: houve diferenças significativas para os atributos físico-hídricos do solo entre os diferentes tipos de vegetação nos meses avaliados.
- Para os atributos hídricos do solo (armazenamento de água no solo, armazenamento acumulado de água no perfil do solo e umidade volumétrica) foi observado que o *Pinus elliottii* apresentou os menores valores encontrados ao longo dos meses de coleta, ou seja, o solo mais seco avaliado quando comparado às demais vegetações.
- Houve diminuição da porosidade total e da densidade do solo com a profundidade. A área com Floresta Atlântica apresentou as menores densidades para a superfície do solo, assim como a maior porosidade.
- A área com Floresta Atlântica apresentou maior armazenamento acumulado de água no perfil do solo em comparação às demais vegetações estudadas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. R. et al. Fungos associados às sementes de *Paspalum notatum* Flügge. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2012, Santa Maria. Aprender e empreender na educação e na ciência: **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2012a.

AGUIAR, A. R. et al. Germinação de sementes de *Paspalum notatum* Flügge. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2012, Santa Maria. Aprender e empreender na educação e na ciência: **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2012b.

ALVES, M.C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira, SP.** 2001. 83 f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2001.

ARAUJO, M.A.R. **Unidades de Conservação no Brasil: da república à gestão de classe mundial.** Belo Horizonte: SEGRAC, 2007. 272 p.

ARCOVA, F. C. S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-SP. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.257-262, 2003.

ARCOVA, F. C. S. **Avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros e da precipitação oculta em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra do Mar, Cunha, SP.** 2013. 175 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BARBOZA JUNIOR, C. R. A. **Evapotranspiração e sua medida por lisímetro de pesagem.** Departamento de Ciências Exatas. Disciplina: Métodos instrumentais de análise física do ambiente. Professor Dr. Sergio Oliveira Moraes. 2009. Disponível em:
<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce5702/texto_cicero_barboza.pdf
>Acesso em: 05 mai 2017.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, jav/fev, 2004. Disponível em
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000100015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BERTOL, I. et al. **Manejo e conservação do solo e da água**. In: Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. Curitiba: CREA-PR, 2016.

BERTONI, J. **O planejador e a utilização dos recursos naturais**. Campinas: EMBRAPA, 1968. 23 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7.ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.

BOYER, W. D. Regenerating the natural long leaf pine forest. **Journal of Forest**. v. 77, p. 572-575. 1979.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomás**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas>>. Acesso em: 10 maio 2017a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 10 maio 2017b.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988c. 292 p.

BORTOLINI, D. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

CABRAL, D. C.; BUSTAMANTE, A. G. (Org.). **Metamorfoses Florestais: Culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica**. Curitiba: Prismas, 2016. 460 p.

CALUX, J.; THOMAZ, E. L. Interceptação e precipitação interna: comparação entre floresta ombrófila mista e *Pinus elliottii* var. *elliotti*. **Geoambiente On-line**, v. 19, p. 24-39, 2012.

CAMBOIM, R. S. **Relações hídricas e períodos críticos para produção e manutenção da cultura da grama batatais (*Paspalum notatum*) em Curitiba-PR**. 2014. 38p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Germinação de sementes de um ecótipo de *Paspalum* da região de Guarapuava – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 30, supl. 1, p. 1187-1194, 2009.

CARVALHO, W. A.; PANOSO, L. A.; PFEIFER, R. M.; ROSSI, M. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP (Bacia “D”). **Revista do Instituto Florestal**, v. 2, n. 2, p. 127-155, 1990.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS - CI FLORESTAS. **Pinus**. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>> Acesso em: 13 set 2017.

CICCO, L. S. **Evolução da regeneração natural de Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e a produção de água em microbacia experimental, Cunha– SP**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CICCO, V. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP**. 2009. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CICCO, V. **Análise de séries temporais hidrológicas em microbacia com cobertura vegetal natural de Mata Atlântica, Cunha, SP**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

COELHO, R. M. P.; NOVAES, W. **A reciclagem e o meio ambiente no Brasil**. Belo Horizonte, 2009. 362 p.

CORSATO, L. G. **Importância do uso da legislação agrícola na conservação e manutenção dos solos agrícolas da bacia hidrográfica do córrego do lajeado, sp**. 2015. 58 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas) – Faculdade de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2015.

COSTA, A.M. et al. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado. In: **Anais**. II Simpósio Regional de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2003.

COSTA, C. **Uma floresta de oportunidades: um novo olhar sobre a Mata Atlântica do Nordeste**. Belo Horizonte. Conservação Internacional, 2012. 56 p.

DEL OUIQUL, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus para o noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

DORAN, J.W., PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), **Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America**, Special Publication 49, Madison, WI, p. 25–37. 1996.

DOSSA, D. et al. Produção e rentabilidade de Pinus em empresas florestais. **Comunicado Técnico** n. 82. Colombo: EMBRAPA, 2002.

DUKE, J. A. **Handbook of Energy Crops**. NewCROPS web site, Purdue University, 1983. Disponível em:

<https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Pinus_elliottii.html> Acesso em: 03 jun 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FARIA, R. T.; CAMPECHE, F. S. M.; CHIBANA, E. Y.. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande , v. 10, n. 1, p. 237-242, Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000100035&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Jun 2017.

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto**. Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30, 1979.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p, 1-27.

FIDALSKI, J. et al. Produção de laranja com plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 927-935,.

FLORIANO, E. P. **Políticas de gestão ambiental**. 3. ed. Santa Maria: UFSM-DCF, 2007. 111 p.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 4, p. 66 - 69, jul./dez. 2005.

FOELKEL, E; FOELKEL, C. **PinusLetter**. Porto Alegre: Grau Celsius. 2008. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_08.html> Acesso em 15 set 2017.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; **Plantas Forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, 2010, 537 p.

FREITAS, J. P. O.; DIAS, H. C. T.; BARROSO, T. H. A.; POYARES, L. B. Q. Distribuição da água de chuva em Mata Atlântica. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

FURIAN, S. M.; PFEIFER, R. M. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 183-193, dez. 1986.

GALETI, P. A. **Conservação do solo, reflorestamento, clima**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (ed.). **Mata atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS mata atlântica, 2005. 471 p.

GILMAN, E. F.; WATSON, D. G. ***Pinus elliottii***: fact sheet ST-463. Gainesville: United States Forest Service-Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1994. 4 p.

GOATLEY J. M.; MALDDOX V. L.; WATKINS R. M. Bahiagrass response to a plant growth regulator as effected by mowing interval. **Crop Science**, v. 38, n. 1, p. 196-200, 1998.

GONZÁLEZ, A. P.; ALVES, C. M. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.9, n.1, p.45-50, 2005.

GRILLO, R. M. M. **A floresta ombrófila densa altomontana no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, SP: análise da heterogeneidade estrutural e florística em escala local**. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

GUARIZ, H.R. et al. Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2009. Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 7709-7716.

HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. In: THE PUERTO RICO TROPICAL CLOUD FOREST SYMPOSIUM: Introduction and workshop synthesis. New York: Springer Verlag, 1995. p. 1-23.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Dormência de sementes de *Paspalum notatum* Fluegge var. *notatum*, ecótipo André da Rocha, sob distintas condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 2, p. 345-350, 1999.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. San Diego: Academic Press, 1982. 364 p. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Solos do Estado de São Paulo – Latossolos**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solossp/pdf/Latossolos.pdf>> Acesso em: 03 jun 2017

INSTITUTO FLORESTAL – IF. **Instituto Florestal protagonizou a história da cultura do Pinus no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/2015/11/03/intituto-florestal-protagonizou-a-historia-da-cultura-do-pinus-no-estado-de-sao-paulo/>> Acesso em: 12 set 2017.

KAUANO, E. E.; PASSOS, E. Análise do uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio da Gama, Tijucas do Sul – PR. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, PR, v. 6, n. 2, p. 181-190, abr./jun. 2008.

KIEHL, E.S. **Manual de edafologia: Relações solo – planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1992. 728 p.

KLAR, S.R. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. p. 347 - 385.

KLEIN, V. A. et al. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1550-1556, Jul 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000700011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 Out. 2017.

KLEIN, V. A. **Física do Solo** – Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um latossolo roxo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 959-964, Dez. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782000000600006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 Out. 2017.

KLEINPAUL, I. S. et al. Suficiência amostral para coletas de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus sp.* e Floresta Estacional Decidual. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 965 – 972, 2005.

LAL, R. **Tropical ecology and physical edaphology**. Chichester, U.K. John Wiley & Sons, 1987.

LEITE, F. P. et al. Relações hídricas em povoamento de eucalipto com diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 9-16, Mar. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831999000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 May 2017.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerradão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 1985. v. 3. p. 212-220.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 216 p.

LEWANDOWSKI, A. ZUMWINKLE, M. **Assessing the soil system: A review of soil quality literature**. Minnesota Department of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program, St. Paul., Minnesota, USA. 1999 p.1-65. Disponível em: <<http://www.mda.state.mn.us/>> Acesso em: 09 maio 2017.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. 335 p.

LIMA, W. P. Hidrologia de plantações de eucaliptos. In: LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. p. 51-137.

LIMA, N. L. et al. Acúmulo de serapilheira em quatro tipos de vegetação no estado de Goiás. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 39-46, 2015.

LIMA, G. S. **Caracterização físico-hídrica do solo do perímetro irrigado Pontal Sul por funções de pedotransferência**. 2016. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas do Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2003. 382 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas Ornamentais no Brasil: Arbustivas, Herbáceas e Trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088 p.

LUIZ, R. A. F. **Classificação climática do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha – SP**. 2008. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados-PR. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 45-73, 2003.

MAEDA, J.A. **Aspectos físicos e fisiológicos na germinação e dormência de sementes de grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé)**. Campinas, 1995. 141p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1995.

MAEDA, J.A.; PEREIRA, M.F.D.A. Caracterização, Beneficiamento e Germinação de Sementes de *Paspalum notatum* Flüggé. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, 100-105, 1997.

MAHMOUD, A. G. E. et al. **Invasão de *Pinus elliottii* em um fragmento de cerrado em Itirapina-SP**. 2003. Disponível em:

<http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/bt791r2a2003.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2017. 2003.

MANTOVANI W. Delimitação do bioma Mata Atlântica: implicações legais e conservacionistas. In: V, CLAUDINO-SALES (Org.). **Ecossistemas brasileiros: manejo e conservação**. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2003, p. 287-295.

MARCHAO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000600015&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 31 maio 2017.

MARMONTEL, C. V. F. **Qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas do solo e estado de conservação da vegetação no córrego Pimenta, São Manuel/SP**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

MARTINS FILHO, F. M. **Balanço hídrico e erosão do solo em uma plantação de eucaliptos novos**. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

MARTINS, P. F. S.; AUGUSTO, S. G. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cacauzeiro, da pupunheira e do açazeiro na Amazônia oriental. **Revista Ceres**, Viçosa. v. 59, n. 5, p. 723-730, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2012000500020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 Jun. 2017.

MENEZES, M. D. et al. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, Serra da Mantiqueira, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.

MEURER, I. **Estudo de diferentes métodos na estimativa da curva de retenção da água no solo**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/a_cultura_do_eucalipto_no_Brasil/>> Acesso em: 23 mai. 2017.

MORRONE, J.J. Homology, biogeography and areas of endemism. **Diversity and distribution**. 2001. v. 7, n. 6, p. 297-300.

MOURA, V. P. G. O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Brasil. **Comunicado técnico**. Brasília, n. 111. 12 p. 2004. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355163/2021014/cot111.pdf/ed23810e-5ad6-4705-8435-1bb591887fd0>> Acesso em: 20 mai. 2017.

NASCIMENTO, F. E. et al. Comportamento físico-hídrico dos solos do perímetro irrigado curaca em Juazeiro/Ba. **Irriga**, Botucatu, v.17, n.4, p. 435-447, out- dez, 2012.

NEVES, G. A. et al. **Análise econômico-financeira de exploração de Pinus resinífero em pequenos módulos rurais**. 2001. 48 f. Monografia (Especialização em agribusiness – MBA) - Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Sorocaba, 2001.

OLDEMAN, R. A. A. **Forests: Elements of silvology**. Springer-Verlag, Berlin, 1990. p. 216-222.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1, 2007. **Anais...** Taubaté: IPABHi-SP, nov/2007. p. 215-222.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C. **Precipitação efetiva em Floresta Estacional Semidecidual na reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

OLIVEIRA, J. R. Aplicação prática da análise textural no campo. **Revista Agropecuária**, Viçosa-MG, Agricultura, 22 set. 2011. Disponível em: <<http://www.revistaagropecuaria.com.br/2011/09/22/aplicacao-pratica-da-analise-textural-no-campo/>> Acesso em: 09 out 2017.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 56, p. 113-124, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica**. v. 32. p. 793 - 810, 2000.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. **Documentos**, n. 129. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p.

PAMPONET, B.M. **Relações físico-hídricas em um perfil de cambissolo com cacauero não sombreado no Semiárido da Bahia**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia. 2012.

PEREIRA, J. C. D. et al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 38**).

PINTO, L.V.A. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 197-206, 2004.

PORTES, M. C. G. O.; GALVÃO, F. A floresta Altomontana do sul do Brasil: considerações climáticas, pedológicas e vegetacionais. **Cadernos de Biodiversidade**, v. 3, n. 1, p. 44 - 50, 2002.

PRYOR, L.D. **Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil**. IPEF. p 5-39, 1971.
QUEIROZ, L. R. R.; BARRICHELO, L. E. G. **A celulose de eucalipto: uma oportunidade brasileira**. 1 ed. São Paulo: Avis Brasilis, 2008.

RAMOS, Bárbara Z. et al . Avaliação dos atributos físico-hídricos em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo-Lavras/Minas Gerais/Brasil. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa , v. 36, n. 3, p. 440-446, jul. 2013 . Disponível em http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000300009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 31 mar. 2018.

RANZINI, M. et al. Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba n. 66, p. 108-119, dez 2004.

RANZINI, M. **Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL – simulação do comportamento hidrológico em função do corte raso**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera – Conceitos, Processos e Aplicações**. 2. ed. Barueri: Manole, 2012. 524 p.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos mitigação. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.49-134.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18 p.

REYNOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v. 110, n. 1/2, p. 131- 146, 2002.

RIBEIRO, K. D. et al . 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. Ago. 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000400033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 19 Jun. 2017.

ROCHA, J. E. C. et al. Organic matter and physical-hydric quality of na oxisol under eucalypt planting and abandoned pasture. **Cerne, Lavras**, v. 22, n. 4, p. 381-388, dez. 2016.

RODRIGUES, V. A. **Avaliação dos processos hidrológicos em microbacias hidrográficas**. Tese (Livre docência) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 2014, 125 p.

RODRIGUES, V. A. et al. Estimativa da água no solo em floresta de *Eucalyptus grandis*. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n., p. 523 - 533, 2012.

RODRIGUES, V. A. Introdução ao Manejo de Microbacias. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS: A DÉCADA DA ÁGUA PRECONIZADA PELA ONU, 4, 2013. **Palestras...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2013. 4 p. Disponível em: <www.fca.unesp.br/microbacias>

ROMANOVISK, Z. **Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG. 2001.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2001.

SANTOS, E. M. et al. Comportamento ingestivo de eqüinos em pastagens de grama batatais (*Paspalum notatum*) e braquiariinha (*Brachiaria decumbens*) na região centro-oeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria. 2006 v. 36, n. 5, p. 1565-1569, Disponível em: <<http://revistas.bvsvet.org.br/crural/article/view/18566/19406>>. Acesso em: 09 mai 2017.

SANTOS, F.C. **Produtividade de soja e resposta a técnicas de cultivo em solos de Cerrado com diferentes texturas**. 2006. 74 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SCARANO, F. R. **Mata Atlântica: uma história do futuro**. Rio de Janeiro: Edições de Janeiro, 2014. 272 p.

SILVA, V.R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Latossolos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 03 de maio de 2017.

SOUSA, R. C. et al. Interceptação pluviométrica pelo dossel de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP-Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 243-250, abr./jun. 2016.

STEINER, M.G. **Caracterização agrônômica, molecular e morfológica de acessos de *Paspalum notatum* Flugge e *Paspalum guenoarum* Arech**. 2005. 37 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

STRAPASSON, E.; VENCOSKY, R.; BATISTA, L. A. R. Seleção de descritores na comparação de germoplasma de *Paspalum sp.* por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 373-381, 2000.

TEIXEIRA, A. C. O.; SILVA, J. J. M. C.. Unidades de Conservação no Bioma Mata Atlântica. In: 6ª MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU DA PUC GOIÁS, 2011, Goiania. **Artigo**. Goiania: Puc Goiás, 2011. p. 1 - 20. Disponível em: <[http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/ANA CRISTINA OLIVEIRA TEIXEIRA E JANAÍNA JULIANA MARIA CARNEIRO SILVA.pdf](http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/ANA%20CRISTINA%20OLIVEIRA%20TEIXEIRA%20E%20JANA%20%20%20JULIANA%20MARIA%20CARNEIRO%20SILVA.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2017.

TIMM, L. C. et al. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Scientia agricola**. Piracicaba. 2006. v. 63, n. 1 p.55-64. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162006000100009&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 03 abr. 2017

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

TURCHETTI, N. L. **Paisagismo e ornamentação no Distrito Federal: comércio e uso de plantas nativas e exóticas**. 2016. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. ***Pinus elliottii* – Árvores do Campus**. Rio Claro, 2004. Disponível em

<<http://www.rc.unesp.br/arvoresdocampus/gimnos/pinaceae/pinus%20elliottii.htm>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 24, n. 68, p. 147-160, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100013&lng=en&nrm=iso> . Acesso em: 04 abr. 2016.

VAZ, C. M. P. et al. Validação de modelos para estimativa indireta da capacidade de retenção da água nos solos. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. (**Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 61**).

VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1991. 124 p.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

WANG, H. et al. Soil organic carbon stock and chemical composition in four plantations of indigenous tree species in subtropical China. **Ecological Research**, Tsukuba, v. 25, p. 1071–1079, 2010.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta**. Traduzido por Reichardt, K. & Libardi, P. L. 2. ed. EDUSP, São Paulo, 1984.

ZANATTA, J. A. et al. **Estoques de carbono e nitrogênio em solos florestais e agrícolas na região de Caçador, SC**. Documento 256, Boletim EMBRAPA, 2013.