

CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO EM LISÍMETRO NO PARQUE ESTADUAL SERRA DO MAR¹

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF SOIL UNDER DIFFERENT TYPES OF VEGETATION IN LISIMETER IN THE SERRA DO MAR STATE PARK

Luiza Zulian PINHEIRO^{2,4}; José Luiz de CARVALHO³; Maurício RANZINI³;
Caio Vinicius Ferreira MARMONTEL²; Valdemir Antonio RODRIGUES²

RESUMO - Os atributos físico-hídricos do solo apresentam informações importantes para melhor compreensão sobre o potencial de produção agroflorestal e as necessidades específicas das culturas. O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar os atributos físico-hídricos do solo com diferentes tipos de vegetação em lisímetros. O estudo foi realizado na vegetação de gramínea, pínus, eucalipto e Mata Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, São Paulo, Brasil. Amostras foram coletadas em anéis volumétricos em três camadas do solo nos meses de março, junho, setembro e dezembro. Foram analisados a densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade do solo, 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 mata, considerando que esta vegetação apresentou melhores condições para manter a água no sistema solo-planta-atmosfera por mais tempo no ambiente. O pínus apresentou os menores valores de umidade volumétrica para 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.

Palavras-chave: água no solo; atributos do solo; lisímetros; mata atlântica.

ABSTRACT - The physical-water attributes of the soil present important information for a better understanding of the agroforestry potential and the specific needs of the crops. The objective of this study was to evaluate and compare the physical-water attributes of the soil with different types of vegetation in lysimeters. The study was carried out in the vegetation of grass, pine, eucalyptus and atlantic forest, in the Serra do Mar State Park - Núcleo Cunha, São Paulo, Brazil. Samples were collected in volumetric rings in three layers of soil in the months of March, June, September and December. Soil density, particle density, total porosity, soil moisture, soil water storage and accumulated water storage in the soil profile were analyzed. A higher water storage capacity was observed in the soil for the months with the lowest rainfall in the forest, considering that this vegetation presented better conditions to maintain water in the soil-plant-atmosphere system for longer in the environment. Pine presented the lowest values of volumetric moisture for the months evaluated. There were significant differences by the Tukey test at the 5% significance level for soil physical-water attributes among the different types of vegetation in the evaluated months.

Keywords: soil water, soil attributes; lysimeters; atlantic forest.

¹ Recebido para análise em 15.08.2018. Aceito para publicação em 30.06.2019.

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

³ Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Luiza Zulian Pinheiro - luizazpinheiro@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

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), além de serem convenientes para 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 de maneira sustentável, assim como, melhorias na conservação do solo e na utilização da água para irrigação. As avaliações desses atributos de espécies distintas são relevantes 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.

Deve-se considerar o papel da vegetação na influência dos atributos físico-hídricos, que reflete na dinâmica da água no solo (Menezes et al., 2009). A vegetação afeta a disponibilidade de água, interceptando parte da água da chuva; além disso, a presença da serapilheira diminui o escoamento superficial, aumentando a infiltração de água no solo e reduzindo os processos erosivos (Kauano e Passos, 2008).

O solo representa importante fase do ciclo da água, atuando como reservatório que disponibiliza água às plantas e abastece os cursos d'água, onde o armazenamento e a movimentação ocorrem de acordo com as diferentes características (Bortolini, 2016). Havendo perturbações nesse ciclo, poderá ocorrer falta parcial ou total de água nos locais mais acessíveis ao homem, levando à escassez hídrica (Bertol et al., 2016). Por meio da análise de dados de armazenamento de água no solo é possível inferir e contextualizar sobre a capacidade sob as diferentes formações vegetais em manter a água presente no ambiente e percolar para os lençóis freáticos (Machado e 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 no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Cunha, nas quatro estações do ano, para averiguar o potencial de produção agroflorestal e suas necessidades específicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os lisímetros estão localizados no Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich – LHFWE, situado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha (PESM-NC), município de Cunha, São Paulo. O Laboratório é administrado pelo Instituto Florestal, órgão da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente. As coordenadas geográficas são: 23°14' de latitude sul e 45°01' de longitude oeste de Greenwich, em uma altitude de 1.070 metros (Figura 1).

A vegetação nativa local faz parte do bioma Mata Atlântica e está classificada como Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (IBGE, 2012). Apresenta formação florestal secundária, em razão de a área ter sido utilizada anteriormente à criação do PESH para extração madeireira e agricultura de subsistência. Na década de 50, em alguns locais, também ocorreu a substituição da mata por pastagem.

A classificação climática do Núcleo Cunha, seguindo a proposta de Köppen, é definida como tipo Cwb, ou seja, mesotérmico e tropical de altitude. 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 precipitação anual de 2016 foi de 1.625 mm, com maior precipitação no mês de janeiro (277 mm) e menor no mês de julho (2,2 mm). A temperatura média mínima foi observada no mês de junho (5,8°C) e a máxima em fevereiro (27,8°C) (Figura 2).

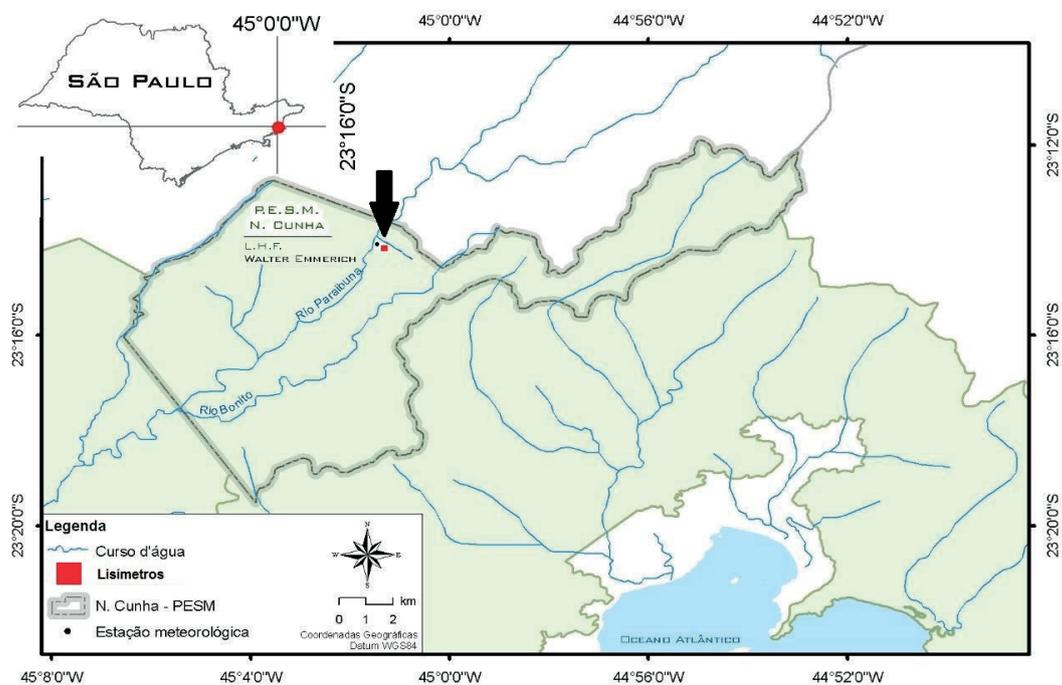


Figura 1. Localização dos lisímetros no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha.

Figure 1. Localization of the lysimeters in the Serra Mar State Park - Center Cunha.

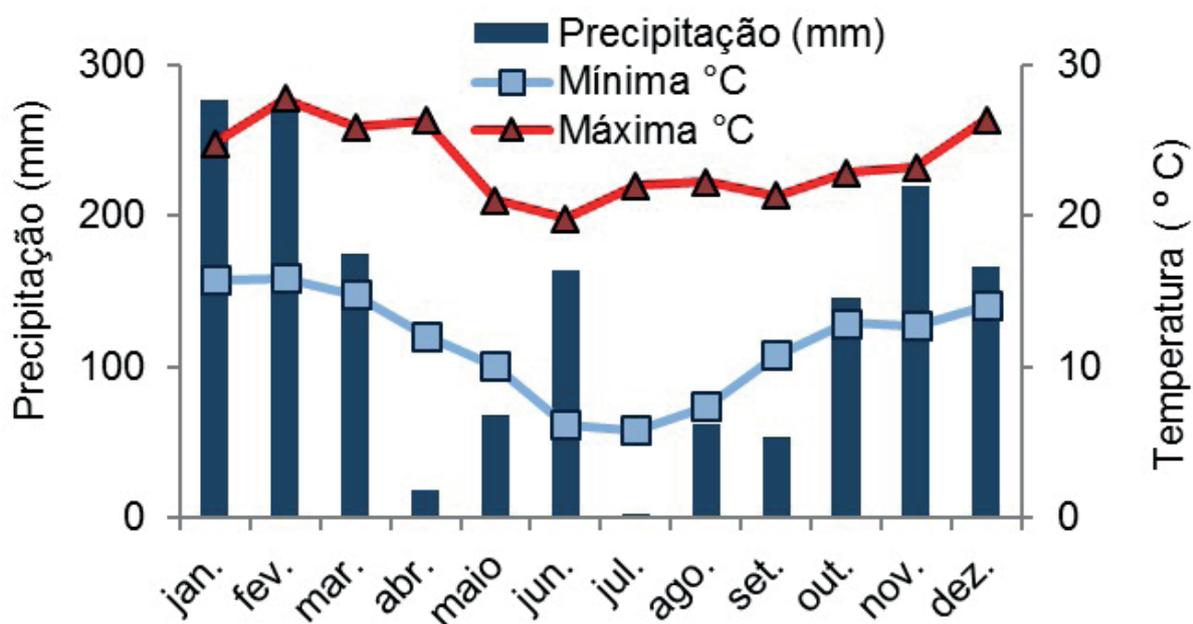


Figura 2. Valores médios mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima em 2016 no LHFWE/PESM-NC.

Figure 2. Average monthly values of precipitation, maximum and minimum temperature in 2016 in LHFWE/PESM-NC.

Os quatro tipos de cobertura vegetal estão aplicados para o mesmo tipo de solo, ou seja, encontram predominância de uma mesma classe, sendo sete tipos e duas associações de Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por Carvalho et al. (1990).

2.2 Caracterização dos lisímetros

Os 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 terra vermelha-amarela de subsolo, restando um espaço de 20 cm entre a superfície e o topo. O fundo apresenta uma leve inclinação que direciona a água percolada para uma única saída, que consiste em um tubo de 10 cm de diâmetro.

O tipo de vegetação implantada foi diferente para cada lisímetro, sendo: *Paspalum notatum* Flügge (gramínea), *Pinus elliotti* Engelmann (pínus) e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (eucalipto) (Figura 3).

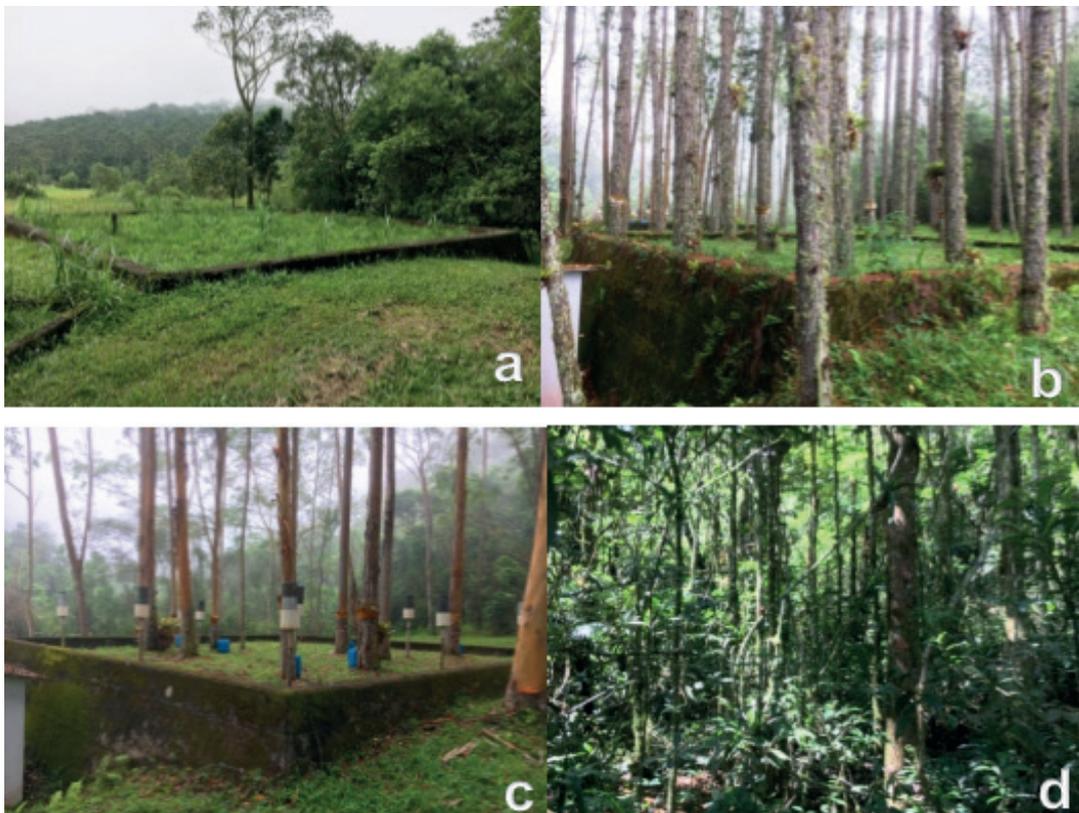


Figura 3. Lisímetros: a) gramínea; b) pínus; c) eucalipto; d) mata.

Figure 3. Lysimeters: a) grass; b) pínus; c) eucalyptus; d) forest.

Uma síntese de caracterização das coberturas vegetais sobre os lísímetros pode ser descrita como segue: I) gramínea - recebe roçada mecânica periódica, conforme a necessidade; II) pínus – presença de 17 indivíduos com uma altura

média de 22,5 m e DAP médio de 28,2 cm III) eucalipto – presença de 12 indivíduos com uma altura média de 29 m e DAP médio de 26,7 cm e IV) mata - presença de 16 indivíduos arbóreos, com uma altura média de 11,7 m e DAP médio de 15,6 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Indivíduos arbóreos ocorrentes na área da mata.

Table 1. Arboreal individuals occurring in the area of forest.

Família	Nome Científico	Nome popular	DAP (cm)	Altura (m)
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Decne. & Planch	Maria Mole	16	10
Cyatheaceae	<i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi. <i>Alchornea</i>	Samambaia-açu	9	1,8
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	Xaxim	15	2,1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	15	8
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Boleiro	16	8
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	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

2.3 Coleta, preparo das amostras e análise dos dados

As amostras indeformadas de solo foram coletadas utilizando anéis volumétricos de 100 cm³, no sentido vertical em trincheiras: 0,0 – 0,05 m (camada 1); 0,30 – 0,35 m (camada 2) e 0,50 – 0,55 m (camada 3). Para cada camada foram realizadas três coletas por mês, para cada tipo de vegetação, totalizando 36 amostras mensais. As amostras foram coletadas durante o ano de 2016 distribuídas nos meses finais das estações, ou seja, março (verão), junho (outono), setembro (inverno) e dezembro (primavera). Após cada coleta mensal os anéis foram vedados para que não ocorresse perda de água por evaporação.

Cada variável (atributo físico-hídrico) do solo, para cada mês e camada, foi submetida à análise de variância para conhecer se ela foi diferente entre os tipos de vegetação (tratamento). Em caso positivo a variável foi submetida ao teste Tukey (5%) para comparação das médias dos tratamentos.

2.4 Caracterização físico-hídrica do solo

Visando o conhecimento dos parâmetros físico-hídricos dos solos amostrados nos quatro ambientes de estudo, foram determinadas a granulometria, a densidade do solo, a densidade de partículas, umidades gravimétrica e volumétrica, o armazenamento de água no solo e o armazenamento de água acumulado no perfil do solo, utilizando a metodologia conforme EMBRAPA (1997).

As determinações destes parâmetros foram realizadas no Departamento de Ciência Florestal - DCF da Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA UNESP, Campus de Botucatu, onde foi realizada a secagem em estufa a 105°C até ser atingido um valor constante da massa. O cálculo dos parâmetros avaliados foi realizado através de equações descritas a seguir.

a) Granulometria

Para a determinação da granulometria foram utilizadas peneiras vibratórias, sendo determinadas as seguintes classes de diâmetro de partículas: areia grossa com diâmetro de 2,0 – 0,2 mm, areia fina com 0,2 – 0,053 mm, silte com 0,053-0,002 mm e argila < 0,002 mm.

b) Densidade do solo (Ds)

A densidade do solo (Equação 1) foi determinada a partir da razão entre a massa do solo seco em estufa 105°C (Ms) e o volume de solo presente no anel cilíndrico (Vt):

$$Ds = ms/vt \quad (\text{Equação 1})$$

em que: Ds = densidade do solo, em g cm⁻³; ms = massa do solo seco em estufa a 105°C, em g; vt = volume total do solo, em cm³.

c) Densidade de partículas (Mp)

A densidade de partículas (Equação 2) do solo foi obtida utilizando o método do picnômetro (Kiehl, 1979), através da relação entre a massa de solo seco (Ms) e o volume de partículas minerais e orgânicas.

$$Mp = (B-A)/((D-A)-(C-B)) \quad (\text{Equação 2})$$

em que: A = massa picnômetro seco, em g; B = massa picnômetro + massa solo seco, em g; C = massa picnômetro + massa solo seco + massa água destilada, em g; D = massa picnômetro + massa água destilada, em g.

d) Porosidade total do solo (Pt)

A porosidade total do solo (Equação 3) foi calculada utilizando valores de densidade do solo (Ds) e densidade de partículas (Dp) através da equação descrita por Klar (1984).

$$Pt = (1-Ds/Dp) 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que: Pt = porosidade do solo, em cm.cm⁻³; Ds = densidade do solo, em g cm⁻³; Dp = densidade das partículas, em g cm⁻³.

e) Umidade gravimétrica (U)

A umidade gravimétrica do solo (Equação 4) foi determinada utilizando a massa de solo úmido (mu) e a massa de solo seco (ms) em estufa 105 °C até a massa constante.

$$U = (mu - ms)/ms \quad (\text{Equação 4})$$

em que: U = umidade do solo, em g; mu = massa do solo úmido, em g; ms = massa do solo seco em estufa, em g.

f) Umidade volumétrica (Θ)

A umidade volumétrica (Equação 5) do solo foi obtida através da multiplicação da densidade do solo (Ds) pela umidade gravimétrica (U).

$$\Theta = D_s U \quad (\text{Equação 5})$$

em que: Θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água. cm^{-3} de solo; D_s = densidade do solo, em g cm^{-3} ; U = umidade gravimétrica (g.g^{-1}).

g) Armazenamento de água no solo (hL)

A quantificação da lâmina de água armazenada no solo (Equação 6) foi calculada para as camadas 1, 2 e 3, pela equação descrita por Kiehl (1979), utilizando altura (h) de 5 cm, referente ao cilindro volumétrico da coleta de solo.

$$hL = (\Theta h) 10 \quad (\text{Equação 6})$$

em que: hL = lâmina de água armazenada no solo, em mm; θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água/ cm^3 solo; h = altura do perfil solo, em cm.

h) Armazenamento de água acumulada no perfil do solo (hLA)

$$hLA = \sum \Theta h 10 \quad (\text{Equação 7})$$

em que: hLA = lâmina de água armazenada acumulada no perfil do solo, em mm; θ = umidade do solo a base de volume, em cm^3 de água. cm^3 solo; h = altura do perfil solo, em cm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise granulométrica

As frações granulométricas do solo foram consideradas na classe de textura média conforme EMBRAPA (1997) para os solos das vegetações estudadas (Tabela 2). 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).

Tabela 2. Distribuição granulométrica, areia grossa e fina, argila, silte e textura do solo.

Table 2. Distribution granulometric, fine and coarse sand, clay, silt and soil texture.

Granulometria (g kg^{-1})						
Vegetação	Camada 1: 0 - 0,05 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	335	336	671	206	123	Média
pínus	369	308	677	204	119	Média
eucalipto	488	259	747	154	99	Média
mata	380	181	561	272	167	Média
Vegetação	Camada 2: 0,3 - 0,35 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	359	209	567	278	155	Média
pínus	440	187	627	267	106	Média
eucalipto	297	350	648	233	119	Média
mata	338	208	546	319	135	Média
Vegetação	Camada 3: 0,5 - 0,55 m					
	Areia Grossa	Areia Fina	Total	Argila	Silte	Textura do Solo
gramínea	387	196	584	274	142	Média
pínus	459	163	622	283	95	Média
eucalipto	407	191	597	293	110	Média
mata	375	197	572	289	139	Média

3.2 Densidade de partículas

Para a densidade de partículas (Dp) foram analisadas as médias para cada tipo de vegetação,

não considerando as diferentes profundidades e diferentes períodos, devido a pouca variação que este atributo apresenta para o mesmo tipo de solo (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade de partículas para os diferentes tipos de vegetação.

Table 3. Density of particles for different types of vegetation.

Vegetação	Dp (g cm ⁻³)
gramínea	2,29
pínus	2,25
eucalipto	2,21
mata	2,08

Kiehl (1979) 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. Em uma comparação de solos cobertos por vegetação nativa de Mata Atlântica com solos cobertos por araucária e pastagem, na região de Itajubá-MG com clima Cwb, Melloni et al. (2008) encontraram menores valores de densidade de partículas para a vegetação mata. De forma semelhante, no presente estudo foi observado que a floresta nativa apresenta o menor valor (2,08 g cm⁻³).

Em dezembro, pínus apresentou o menor valor e foi inferior às demais vegetações (p=0,0045) (Tabela 4).

Melloni et al. (2008) em uma comparação entre mata, araucária, pasto implantado (*Brachiaria decumbens*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) verificaram que para a densidade do solo na camada superficial estudada (0-0,2 m) os valores não apresentaram diferença entre o eucalipto e a mata, enquanto a pastagem e a araucária apresentaram diferença para o eucalipto e a mata.

3.3 Densidade do solo

A camada 1 do solo com cobertura de mata atlântica apresentou os menores valores de densidade do solo nos quatro períodos estudados (p=0,0093; p=0,0002; p=0,0046; p=0,0005). A camada 2 no mês de março teve o pínus e eucalipto inferior aos demais (p=0,001). Em junho a mata não se diferiu do eucalipto, que por sua vez não diferenciou de gramínea e de pínus (p=0,0113). Em setembro, o pínus e o eucalipto apresentaram os menores valores não apresentando diferença entre si, enquanto eucalipto, gramínea e mata não apresentaram diferenças entre si (p=0,0198). Em dezembro, o pínus e a mata não apresentaram diferenças entre si, mas diferenciaram da gramínea (p=0,0006).

3.4 Umidade volumétrica

Na camada 1, o pínus apresentou valores de umidade volumétrica do solo inferiores durante os quatro períodos e se diferiu dos demais (p=0,0001; p=0,0001; p=0,0001; p=0,0001). No mês de junho, a mata teve o maior valor e se diferiu dos demais. Em setembro e dezembro, a gramínea teve os maiores valores e se diferiu dos demais.

Na camada 3, em março não houve diferenças entre as coberturas vegetais (p=0,2601). No mês de junho, pínus e a gramínea não apresentaram diferença entre si, mas diferiram de eucalipto, que diferiu da mata (p=0,0001). Em setembro, o eucalipto e o pínus não apresentaram diferença entre si, mas eucalipto diferiu de gramínea e mata (p=0,0163).

Na camada 2, o pínus apresentou valores inferiores durante os quatro períodos e se diferiu dos demais (p=0,0001). No mês de junho, a mata teve o maior valor e se diferiu dos demais (p=0,0001). Em setembro a gramínea teve os maiores valores e se diferiu dos demais (p=0,0001). Em dezembro a mata e a gramínea tiveram os maiores valores e não se diferiram entre elas (p=0,0001).

Na camada 3, em março o pínus apresentou o valor inferior e se diferiu da mata, mas não apresentou diferença com o eucalipto e a gramínea (p=0,006). No mês de junho, a mata e a gramínea tiveram os maiores valores e se diferiram dos demais (p=0,0001). Em setembro e dezembro a gramínea teve o maior valor e se diferiu dos demais (p=0,0001; p=0,0001) (Tabela 5).

Tabela 4. Densidade do solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 4. Density of the soil in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Densidade do solo (g cm ⁻³)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	1,02 a	1,01 a	0,98 a	0,79 b
		junho	1,03 a	1,09 a	1,07 a	0,84 b
		setembro	1,07 a	1,08 a	0,99 a	0,81 b
		dezembro	1,01 a	1,05 a	0,98 a	0,87 b
2	0,3 - 0,35	março	1,30 a	1,07 b	1,16 b	1,27 a
		junho	1,15 b	1,17 b	1,25 ab	1,35 a
		setembro	1,19 a	1,08 b	1,15 ab	1,17 a
		dezembro	1,26 a	1,13 c	1,20 ab	1,18 bc
3	0,5 - 0,55	março	1,30 a	1,16 a	1,25 a	1,20 a
		junho	1,17 c	1,17 c	1,31 b	1,44 a
		setembro	1,19 a	1,14 ab	1,08 b	1,21 a
		dezembro	1,27 a	1,08 b	1,25 a	1,21 a

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

Tabela 5. Umidade volumétrica em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 5. Volumetric humidity in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Umidade volumétrica (cm ³ de água cm ⁻³ de solo)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	0,46 a	0,34 b	0,41 a	0,46 a
		junho	0,38 b	0,27 c	0,36 b	0,42 a
		setembro	0,43 a	0,20 c	0,33 b	0,32 b
		dezembro	0,49 a	0,31 d	0,38 c	0,46 b
2	0,3 - 0,35	março	0,45 b	0,26 c	0,34 b	0,455 a
		junho	0,34 b	0,27 c	0,34 b	0,41 a
		setembro	0,40 a	0,21 d	0,26 c	0,36 b
		dezembro	0,43 a	0,28 c	0,36 b	0,45 a
3	0,5 - 0,55	março	0,37 ab	0,27 b	0,35 ab	0,45 a
		junho	0,39 a	0,27 b	0,30 b	0,41 a
		setembro	0,36 a	0,15 d	0,22 c	0,33 b
		dezembro	0,46 a	0,26 d	0,36 c	0,42 b

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

Ordóñez (2014) na cidade de São Manuel-SP com clima Cfa e solo Neossolo Quarzarenico observou que na vegetação florestal natural o solo apresentou maior média anual de umidade, seguido da pastagem e pínus. De acordo com Tucci (2007), a disponibilidade de umidade do solo é mais acentuada em solo florestal porque as árvores retiram a umidade em profundidades superiores.

No estudo de Ikari et al. (2014) realizado nos mesmos lisímetros, foram obtidos dados que consideram o percentual médio da interceptação (em relação a precipitação em céu aberto) no lisímetro com eucalipto sendo 4,9%, enquanto para o pínus é de 18,6%. Estes dados complementam com o que é observado no presente estudo, sendo

a menor umidade observada na superfície para o lisímetro com pínus, pois maior parte da precipitação é interceptada pela copa das árvores quando comparado à mata e eucalipto, não chegando até o solo da mesma forma, devido as diferentes estruturas foliares que apresentam. É citado na literatura que, quando se trata de interceptação, é importante considerar 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 quais a floresta natural ou plantada está inserida (Leopoldo e Conte, 1985; Lima, 1993; Arcova et al., 2003). Nesta comparação, não é cabível considerar a gramínea, pois esta não apresenta estrutura florestal de interceptação pela copa das árvores, onde todo aporte de água oriunda da precipitação chega diretamente ao solo.

3.5 Porosidade total do solo

A camada 1 no mês de março, o pínus apresentou o valor inferior, porém não houve diferenças entre as vegetações ($p=0,0001$). Em junho, a mata apresentou o valor superior e houve diferença entre as

demais ($p=0,0001$). O maior valor de porosidade em setembro foi para a mata, porém não apresentaram diferença do eucalipto e gramínea ($p=0,0001$). Em dezembro a mata teve o valor superior, mas não se diferiu do eucalipto e da gramínea ($p=0,0001$).

Na camada 2, no mês de março a mata teve o valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$). Em junho a mata teve seu valor inferior e se diferiu das demais ($p=0,0001$). Em setembro a mata teve novamente seu valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$). Em dezembro a mata teve novamente seu valor inferior às demais, se diferenciando do pínus e eucalipto, no entanto a gramínea não se diferiu ($p=0,0001$).

Para a camada 3 no mês de março, a gramínea apresentou o valor inferior, porém não houve diferenças entre as vegetações ($p=0,006$). Em junho e setembro a mata teve seu valor inferior e se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$). Em dezembro o pínus teve o valor superior se diferenciando dos demais ($p=0,0001$).

Houve uma inversão no padrão encontrado para a superfície quando comparado à camada 2 e 3, entre as diferentes vegetações. A mata apresentou maior porosidade total (Pt) na camada superficial e para as camadas mais profundas obteve-se os menores valores (Tabela 6).

Tabela 6. Porosidade total em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 6. Total porosity in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Porosidade total do solo (cm.cm ⁻³)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	54,5 a	54,5 a	56,9 a	62,1 a
		junho	54,3 b	50,9 b	53,4 b	59,9 a
		setembro	52,7 ab	51,4 b	56,7 ab	60,9 a
		dezembro	54,9 ab	52,7 b	57,1 a	58,2 a
2	0,3 – 0,35	março	42,3 b	51,9 a	49,3 a	39,1 b
		junho	49,1 a	47,2 a	45,4 a	35,2 b
		setembro	46,9 bc	51,3 a	49,8 ab	43,6 c
		dezembro	43,9 b	49,1 a	47,3 a	43,4 b
3	0,5 – 0,55	março	42,5 a	47,7 a	45,4 a	42,5 a
		junho	48,2 a	47,1 ab	42,7 b	30,9 c
		setembro	47,4 b	48,5 ab	52,7 a	42,1 c
		dezembro	43,5 b	51,2 a	45,4 b	41,9 b

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

Na camada 3 em junho nota-se uma exceção, pois a mata apresentou o menor valor encontrado de Porosidade total (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 de material rochoso presente, visto que este valor realmente apresenta grande disparidade para com os demais.

Em um estudo realizado por Ramos et al. (2013) analisando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distroférico na profundidade de 0-0,1m 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.

Solos com cobertura florestal possuem maior taxa de infiltração de água da chuva em comparação com campos, pastagens e solos agrícolas, devido à sua melhor estrutura e porosidade (Oliveira Junior, 2006). Esta maior porosidade pode ser explicada pela maior deposição de material orgânico (serapilheira) principalmente na superfície, que atrai a fauna e microbiota do solo, resultando também numa melhor penetração das raízes no solo (Romanovisk, 2001).

3.6 Armazenamento de água no solo

Para a camada 1, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações. A mata apresentou valores superiores em junho e dezembro ($p=0,0001$; $p=0,0001$) se diferenciando das demais e em março e setembro a gramínea se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$).

Na camada 2, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações. A mata apresentou valores superiores em março, junho e dezembro e se diferiu das demais ($p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$), com exceção de dezembro quando não houve diferença com a gramínea. No mês de setembro a gramínea apresentou valores superiores e se diferiu das demais vegetações ($p=0,0001$).

Na camada 3, o pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água e se diferiu das demais vegetações no mês de setembro e dezembro ($p=0,0001$; $p=0,0001$), enquanto que em março ($p=0,006$) não se diferiu do eucalipto e da gramínea e em junho novamente do eucalipto. A mata apresentou valores superiores em março, mas não houve diferença com a gramínea e o eucalipto e também apresentou valores superiores em junho, mas não houve diferença com a gramínea ($p=0,0001$). A gramínea apresentou valores superiores em setembro e dezembro, se diferenciando das demais (Tabela 7).

Tabela 7. Armazenamento da água no solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 7. Storage of water in the soil in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Armazenamento de água no solo (mm)			
			gramínea	pínus	eucalipto	mata
1	0 - 0,05	março	22,9 a	16,8 b	20,6 a	22,8 a
		junho	18,9 b	13,5 c	18,2 b	21,1 a
		setembro	21,7 a	10,1 c	16,5 b	15,9 b
		dezembro	24,3 a	15,5 d	18,9 c	22,8 b
2	0,3 – 0,35	março	22,4 b	12,9 c	16,9 b	22,8 a
		junho	17 b	13,4 c	16,9 b	20,7 a
		setembro	19,9 a	10,4 d	13,1 c	17,8 b
		dezembro	21,7 a	14,2 c	18,1 b	22,4 a
3	0,5 – 0,55	março	18,6 ab	13,6 b	17,3 ab	22,4 a
		junho	19,3 a	13,7 b	14,9 b	20,5 a
		setembro	18,3 a	7,5 d	11,2 c	16,5 b
		dezembro	23,3 a	12,8 d	18 c	21,2 b

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

Em um estudo realizado por Ordóñez (2014) em um Neossolo Quartzarênico em São Manuel-SP, observou-se na camada mais profunda os maiores valores de armazenamento de água no solo (média anual) para a área com floresta com 209 mm, seguido da cobertura com gramínea utilizada para pastagem (*Brachiaria decumbens*) com 176,1 mm e para o plantio de pinus com 105,6 mm. Ainda que o tipo de solo estudado seja diferente, 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. Também foi observado que nos meses mais secos

(junho, julho e agosto) a área com floresta também apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparada às demais vegetações.

3.7 Armazenamento acumulado de água no perfil do solo

A vegetação com mata apresentou os maiores valores de armazenamento acumulado de água no solo em todos os períodos, no entanto não se diferiu da gramínea em março e dezembro. O pinus apresentou os valores inferiores para os quatro períodos ($p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,0001$) (Tabela 8).

Tabela 8. Armazenamento da água acumulada no perfil do solo em camadas e períodos do ano para as vegetações estudadas.

Table 8. Storage of accumulated water in the soil profile in layers and periods of the year for the studied vegetation.

Camada	Profundidade (m)	Período	Armazenamento de água acumulada no perfil do solo (mm)			
			gramínea	pinus	eucalipto	mata
3	0,5 – 0,55	março	213,1 a	144,3 c	182,8 b	226,6 a
		junho	184,3 b	135,3 d	166,5 c	207,8 a
		setembro	167,2 b	93,4 d	136,2 c	199,4 a
		dezembro	221,4 a	141,8 c	183,5 b	230,8 a

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

Comparando-se as médias de armazenamento de água entre os solos analisados, aquele com cobertura de mata apresentou as maiores médias para os meses de junho e setembro. Neste período, de junho a setembro, ocorrem as menores taxas de precipitação durante o ano, e a mata pode ter contribuído para reter uma maior quantidade de umidade do solo do que os outros tipos de vegetação.

Em estudo comparativo de Ordóñez (2014) com coberturas de pinus, mata, pinhão-manso e gramínea, foi observado que na camada mais profunda (até 100 cm) em um Neossolo Quartzarênico os maiores valores de armazenamento de água no solo foram para a cobertura de 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 com 105,6 mm.

Ainda que o tipo de solo estudado seja diferente, 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. O pinus também apresentou o menor

armazenamento de água no solo e, nos meses mais secos, a área com floresta apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparada às demais vegetações.

4 CONCLUSÕES

As análises granulométricas mostraram que os solos, em todas as vegetações estudadas, possuem classe de textura média.

A floresta nativa apresentou a menor densidade de partículas.

A camada superficial (0 – 0,05) com cobertura de mata atlântica apresentou os menores valores de densidade do solo. Já as camadas 0,3 – 0,35 e 0,5 – 0,55 apresentaram alternância entre os tipos de vegetação, conforme o período do ano.

O pinus apresentou as menores umidades volumétricas do solo para as camadas 0 – 0,05 e 0,3 – 0,35 em todos os períodos estudados. O mesmo ocorreu para a camada e 0,5 – 0,55, porém significativamente para os meses de setembro e dezembro.

A porosidade total do solo foi maior na camada superficial (0 – 0,05) para todos os tipos de vegetação. Houve uma inversão no padrão encontrado para a superfície quando comparado às camadas mais profundas, sendo que a mata nativa apresentou os maiores valores de porosidade total na camada superficial e os menores para as camadas mais profundas (0,3 – 0,35 e 0,5 – 0,55).

O pínus apresentou as menores quantidades de armazenamento de água no solo para as camadas 0 – 0,05 e 0,3 – 0,35. O mesmo ocorreu para a camada 0,5 – 0,55, porém significativamente para os meses de setembro e dezembro.

A vegetação com mata nativa apresentou os maiores valores de armazenamento acumulado de água no solo em todos os períodos. Já o pínus apresentou os menores valores para todos os períodos.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo à primeira autora para a realização da pesquisa. Ao Instituto Florestal, pelo suporte e oportunidade de realizar o projeto no LHFWE no PESH-NC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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. *Árvore*, v. 27, n.2, p. 257-262, 2003.

BERTOL, I. et al. **Manejo e conservação do solo e da água**. Curitiba: CREA-PR, 2016. 53 p.

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

CARVALHO, W.A. et al. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP (Bacia “D”). *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 127-155, 1990.

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.

FREITAS, J.P.O. et al. Distribuição da água de chuva em Mata Atlântica. *Ambiente e Água*, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

IKARI, C. A. T. et al. Repartição da água da chuva em plantios de Eucalyptus e de Pinus em lisímetros planos no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha, SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 8, 2014, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto Florestal, 2014, 1 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

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*, 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.

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

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

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.

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.

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

MARCHÃO, R.L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun. 2007.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, nov./dez. 2008.

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**, v. 37, n. 82, p. 175-184, jun. 2009.

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.

ORDÓÑEZ, L.A.Y. **Morfometria, umidade do solo e risco de erosão laminar da microbacia do córrego Pimenta da Fazenda São Manuel**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

RAMOS, B.Z. et al. Avaliação dos atributos físico-hídricos em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo-Lavras/Minas Gerais/Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 440-446, jul. 2013.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos mitigação. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 5, p.49-134. 2007.

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

TUCCI, C. **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. Rio Grande: UFRGS. 2 ed. 2007. 43p.