

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO TOPO DO SOLO EM ÁREAS DE
PLANTAÇÕES DE *EUCALYPTUS SPP.* E MATA ATLÂNTICA NO CAMPO DAS
VERTENTES – MG**

**PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TOPSOIL IN AREAS
OF *EUCALYPTUS SPP.* AND ATLANTIC FOREST IN CAMPO DAS VERTENTES –
MG**

Winkler José Pinto

Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeog/UFSJ)
Av. Visconde do Rio Preto, s/nº, Colônia do Bengo. São João del Rei – MG. 36301-360
winklerjose@outlook.com

André Batista de Negreiros

Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - Departamento de Geociências
Av. Visconde do Rio Preto, s/nº, Colônia do Bengo. São João del Rei – MG. 36301-360
andrebnegreiros@ufsj.edu.br

Recebido em 26 de março de 2021, Aceito em 08 de setembro de 2021.

Resumo

As intensas ações antrópicas causam impactos negativos nos ecossistemas. Dentre as atividades desenvolvidas, inclui-se a monocultura, que sob a ótica da geoecologia, age como um fator de redução da biodiversidade. Neste contexto, as análises relacionadas aos processos responsáveis sobre o funcionamento dos ecossistemas, surgem como alternativa para avaliar os níveis de perturbações ambientais. Haja visto a grande importância dos processos que ocorrem durante a constante interação entre solo e serapilheira, para os ecossistemas, este estudo pretendeu mensurar a qualidade do solo em áreas que apresentam distintas coberturas vegetais, visando mensurar a influência da serapilheira depositadas nestas áreas, sobre a qualidade do topo do solo (0 – 40 cm). Para tal, foram realizadas análises relacionadas às características químicas e físicas do topo dos solos das áreas amostrais. As coletas das amostras foram realizadas em três áreas de plantações de eucaliptais e uma área controle composta por vegetação heterogênea, localizada em área de Floresta Estacional Semidecidual. O topo dos solos das áreas amostrais são ácidos, distróficos com valores para soma de bases trocáveis (SB) abaixo de 1,2 cmolc/dm³, e o índice de saturação de bases (V) menor que 25%. Os solos da área controle, apresentaram alta saturação de alumínio ($m > 50\%$), característica de solos álicos. Enquanto os solos das áreas de eucaliptais apresentaram baixa saturação em alumínio ($m < 50\%$), característica de solos áricos. Os solos amostrados apresentaram baixa Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, CTC (t). Os solos da área controle apresentaram menor capacidade de retenção de P, demonstrando alto valor para a taxa de fósforo remanescente no solo (P-rem). Quanto às características físicas do topo do solo, apresentaram textura arenosa, e das áreas eucaliptais, textura argilosa. A área controle apresentou predominância de agregados dos solos maiores que 2 mm (Teste t- de Student, $p < 0,05$). No geral, os atributos químicos e físicos do topo dos solos encontrados neste estudo não se diferenciaram muito entre as áreas estudadas, tal fato pode ser explicado pela profundidade de solo amostrada, na qual a influência da serapilheira já não seja tão grande como nos primeiros 5-10 centímetros dos solos.

Palavras-chave: Qualidade dos Solos; Fauna dos Solos; Processos Ecosistêmicos; Interação Solo e Serapilheira; Nutrientes dos Solos.

Abstract

Intense anthropic actions have an impact on ecosystems. Among the activities developed, the monoculture is included, which, under the perspective of geoecology, acts as a factor in reducing biodiversity. The analyzes related to the responsible processes on the functioning of ecosystems, appear as an alternative to assess the levels of environmental disturbances. Having seen the great importance of the processes that occur of the constant interaction between soil and litter, for ecosystems, this study aimed to measure the quality of the soil in areas with different vegetation coverings, studying the influence of the litter deposited in that areas, on the quality of topsoil (0 - 40 cm). To this, analyzes were related to the chemical and physical characteristics of the topsoils in the sample areas. The collections of the samples were realized in three areas of eucalyptus plantations and a control area composed of heterogeneous vegetation, located in an area of Seasonal Semideciduous Forest. The top of the soils in the sample areas are acidic, dystrophic with values for the sum of exchangeable bases (SB) below 1.2 cmolc / dm³, and the base saturation index (V) less than 25%. The soils of the control area presented high saturation of aluminum (m>50%), the feature of the allic soils. While the soils of the eucalyptus areas presented low in aluminum saturation (m<50%), characteristic of acric soils. The soils sampled have a low capacity of Effective Cation Exchange, CTC (t). The soils in the control area have a lower P retention capacity, showing a high value for the rate of phosphorus remaining in the soil (P-rem). As for the physical characteristics of the topsoil, the control area presented sandy texture, and eucalyptus areas, clay texture. The control area showed a predominance of soil aggregates greater than 2 mm (Student's t-test, p <0.05). In general, the chemical and physical attributes of the topsoils found in this study did not differ much between the studied areas, this fact can be explained by the soil depth sampled, in which the influence of the litter is no longer as great as in the first 5 -10 centimeters from the ground.

Keywords: Soil Quality; Soil fauna; Ecosystem Processes; Soil and Litter Interaction; Soil Nutrients.

Introdução

As ações antrópicas causam perturbações ambientais, que resultam na perda de habitats, biodiversidade, e outros inúmeros problemas nos ecossistemas (FOLEY *et al*, 2005). A perda da biodiversidade na Terra tem consequências diretas e indiretas sobre a qualidade de vida no planeta (BENSUNSAN, 2006). Existe uma combinação entre recursos e condições (nicho ecológico) de um lugar para que cada espécie esteja presente (SANTANA, 2009). De forma que, quanto mais combinações existem entre os recursos e as condições de um ambiente, maior será a biodiversidade e a heterogeneidade da paisagem (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012), o que implica em uma maior quantidade de características ambientais e, conseqüentemente, uma maior diversidade biológica (BAPTISTA, 1998). Estes fatores irão influenciar na qualidade do material vegetal das áreas florestais (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002) e conseqüentemente na qualidade dos solos destas áreas (BROWN e SAUTTER, 2009).

Dentre as ações antrópicas responsáveis pelas perturbações ambientais, incluem-se as atividades de monocultura (FOLEY *et al*, 2005), sendo aqui destacada, a silvicultura de *Eucalyptus spp.* (FERREIRA *et al*, 2017). O desenvolvimento de eucaliptais tem aumentado em resposta à demanda da indústria madeireira comercial global (FORRESTER *et al.*, 2013) e não é diferente na área de estudo na qual desenvolveu-se esta pesquisa, haja visto a grande quantidade de silviculturas de eucaliptais desenvolvidas na região (RESENDE *et al*, 2015).

Devido ao seu rápido crescimento, curta rotação no plantio e o alto consumo de nutrientes do solo e da água (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002), a ciclagem de nutrientes é uma das limitações para o estabelecimento de ecossistemas sustentáveis em áreas que ocorrem a cultura de *Eucalyptus spp.* (LEMA *et al.*, 2007).

O cultivo de eucaliptais tem sido apontado como indutor de desertificação em associação ao ressecamento do solo, desestabilizador da ciclagem de nutrientes e causador de efeitos alelopáticos (LIMA, 1996; VIANA, 2004). Em culturas de *Eucalyptus spp.* são apontadas baixas taxas de decomposição da serapilheira (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002), o que diminui a transferência de nutrientes na interação entre solo e serapilheira (GUO e SIMS, 2001), concentrando um material decidual de baixa qualidade nutricional para as cadeias microbianas encarregadas pela decomposição destes materiais vegetais (FORRESTER *et al.*, 2006). Além disso, a cultura de eucaliptais, pode ser responsável por um acúmulo de fitotoxinas no solo, empobrecendo e comprometendo ainda mais a sua dinâmica e capacidade de produção (ZHANG e FU, 2009).

O solo é definido como um material mineral ou orgânico não consolidado na superfície terrestre (FAGERIA, 1989). Ele é composto principalmente por minerais inorgânicos e partículas de areia, silte e argila (DORAN *et al.*, 1996). Sua composição e formação depende de uma gama de fatores bióticos e abióticos, sendo influenciado principalmente pelo material de origem, a topografia, o clima e a fauna do solo (FAGERIA *et al.*, 1999). O solo é um recurso natural de importância vital para o funcionamento dos ecossistemas do planeta Terra, sendo responsável pelo balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos (FAGERIA *et al.*, 1999), ele tem a importante função de regular o equilíbrio global dos ecossistemas, servindo como um meio que possibilita o crescimento das espécies vegetais. Fornece o suporte físico necessário, disponibilizando água, nutrientes e oxigênio para as raízes, possibilitando o estabelecimento das espécies arbóreas sobre ele (DORAN *et al.*, 1996). Além destes fatores, o solo atua também com grande importância regulando a circulação hídrica e distribuição das águas dentro dos ecossistemas (COELHO NETTO, 2003).

A qualidade do solo é determinada a partir de seu funcionamento dentro dos ecossistemas, através da sua capacidade de manter a produtividade biológica e a qualidade do ambiente, além de promover a saúde dos animais e plantas que nele se desenvolvem (DORAN e PARKIN, 1994). Outros fatores que também definem a qualidade do solo são: Sua capacidade de manter a qualidade da água e do ar (KARLEN *et al.*, 1997); seu potencial de regular o fluxo de água e solutos; além da sua capacidade de atuar na ciclagem de nutrientes (SEYBOLD *et al.*, 1998). A qualidade do solo pode ser mensurada através do uso de indicadores ambientais,

podendo ser classificados como físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). Os principais indicadores físicos são: a estrutura do solo, a infiltração e densidade do solo, e a sua capacidade de retenção de umidade; já como indicadores químicos podem ser utilizados o pH do solo, a condutividade elétrica e a concentração de N, P e K no solo; como indicadores biológicos são apontados: a biomassa microbiana, a mineralização dos nutrientes, a respiração do solo, a Fixação biológica do N₂ (FBN) e a atividade enzimática do solo (DORAN e PARKIN, 1994).

A qualidade do solo está fortemente ligada à qualidade do material vegetal decíduo (serapilheira) que se deposita sobre a sua superfície (CIANCIARUSO *et al*, 2006), e também aos microrganismos e animais da fauna edáfica que se estabelecem nestes ecossistemas (BROWN e SAUTTER, 2009). A qualidade nutricional da serapilheira, condicionada pelas suas características físicas e químicas atrai e modula a ação dos organismos decompositores (CIANCIARUSO *et al*, 2006; MASON, 1980). O solo, de acordo com suas características físicas e químicas, como a porosidade, granulometria, aeração e teor de matéria orgânica, também influencia a atividade da microbiota edáfica e, portanto, as taxas de decomposição da serapilheira, que reflete na qualidade do solo na qual essa serapilheira se deposita (COSTA *et al*, 2010; PORTES *et al*, 1996). Como pode ser observado, estes processos ecossistêmicos estão interligados, de maneira que a qualidade de um, influencia na qualidade do outro e no funcionamento do ecossistema em que estão inseridos (HERNÁNDEZ, 2014; MASON, 1980).

A serapilheira é responsável por incontáveis funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas (WOOD *et al*, 2006). Situada na camada superficial do solo, ela é composta pela fração folha, galhos, caules, flores, restos de organismos vivos, detritos, solos, entre outros (COSTA *et al*, 2010). A serapilheira realiza um importante papel na ciclagem de nutrientes (ODUM, 1988), uma vez que sua deposição e decomposição são as principais fontes de transferência de nutrientes para os solos florestais (ABER e MELILO, 1980). De forma que a serapilheira se torna ainda mais importante em solos considerados pobres em nutrientes, como nas florestas tropicais (CALDEIRA *et al*, 2008; FACELLI e FACELLI, 1993). A serapilheira está também relacionada ao armazenamento de umidade e controle dos fluxos hídricos no ambiente (VALLEJO, 1982), controlando a capacidade de infiltração de água no solo (COELHO NETTO, 2003), além de minimizar os efeitos erosivos no solo (VOIGTLAENDER, 2019). De forma que compreender a dinâmica espacial e temporal dos processos da serapilheira torna-se um mecanismo eficaz para a compreensão dos distúrbios ambientais (ALVARENGA, 2013; SCHUMACHER *et al*, 2004).

Um dos principais responsáveis pela decomposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes, causando alterações químicas, físicas e biológicas no solo, é a denominada fauna edáfica (GONZÁLEZ *et al*, 2001), que é formada pelos microrganismos e invertebrados que passam a maior parte de sua vida no solo e na serapilheira, e são os encarregados pelo rearranjo dos detritos e sua fragmentação (PEDRO, 2017). Esta fauna do solo interfere nos processos ocorridos no solo de forma direta, modificando as características físicas e químicas da serapilheira (GONZÁLEZ *et al*, 2001). A diversidade biológica do solo é de grande importância para a manutenção da sua qualidade, ela exerce um papel muito importante na decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos (BROWN e SAUTTER, 2009; CRAGG e BARDGETT, 2001).

Tendo em vista a grande importância dos processos que ocorrem durante a constante interação entre solo e serapilheira, para os ecossistemas, e as demais discussões apresentadas, o presente estudo pretendeu mensurar a qualidade do solo em áreas que apresentam coberturas vegetais diferentes, sendo selecionadas como áreas amostrais, plantações de eucaliptais e uma área controle de floresta estacional semidecidual, composta por uma maior diversidade de espécies arbóreas. A escolha das áreas com distintas coberturas vegetais visou mensurar a influência da serapilheira depositada na superfície destas áreas sobre a qualidade do topo dos solos amostrados (0 – 40 cm).

Na sequência, o artigo apresenta as áreas amostrais onde a pesquisa foi desenvolvida, e detalha as análises realizadas sobre as características químicas e físicas do topo dos solos destas áreas. Estas análises visaram obter: O valor do pH das amostras, o valor da soma de bases trocáveis (SB), o índice de saturação de bases (V), a saturação de alumínio (m), a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC (t)), a Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0 (CTC (T)), o teor de Matéria Orgânica e a taxa de fósforo remanescente no solo (P-rem), a textura do solo, e o percentual de agregados dos solos. Prosseguindo, são apresentados os resultados obtidos, seguido da discussão dos mesmos. Finalizando, o artigo traz as considerações finais, onde são abordadas as suas principais descobertas e contribuições para as pesquisas futuras.

Materiais e métodos

Área de estudos

Para este estudo foram selecionadas três áreas de cultivo de *Eucalyptus spp.* (Figura 1) localizadas no município de São João del-Rei (MG, Brasil). Estas áreas de eucaliptais

selecionadas apresentam características semelhantes, todas voltadas para a produção comercial de *Eucalyptus spp.*, contando com o mesmo período de rotação para o corte, caracterizadas pelo espaçamento uniforme entre as árvores, além de estarem localizadas sob condições topográficas semelhantes.

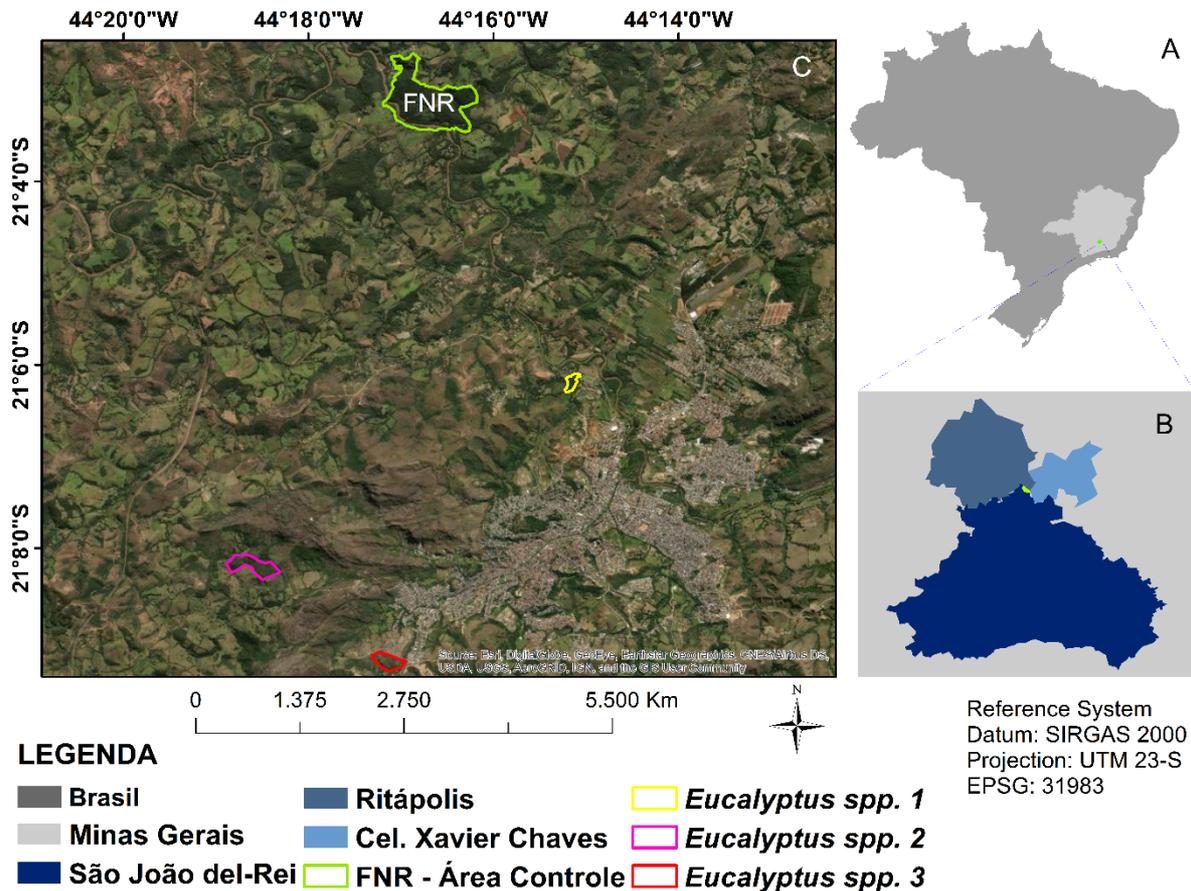


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, contendo as áreas de eucaliptais e a área controle. Dados: USGS
Organização: dos autores.

Para efeito de comparação, foi determinada uma área controle, em Floresta Estacional Semidecidual, inserida em área de transição entre o Domínio Atlântico e Cerrado, composta por vegetação natural de crescimento espontâneo e por reflorestamento, apresentando elevada diversidade de espécies. Esta área fica localizada na Floresta Nacional de Ritópolis (FNR) (Figura 1), no município de Ritópolis (MG, Brasil). Nesta área controle (FNR), foram selecionados três pontos para a repetição da amostragem. Estes pontos apresentam substrato florestal, dossel das árvores, fotoperíodo e condições topográficas semelhantes.

São João del-Rei (21° 08' 08" S e 44° 15' 42" W) está situada na mesorregião do Campos das Vertentes, no estado de Minas Gerais, à aproximadamente 175 Km ao sul da capital do estado, Belo Horizonte. A área total do município é de 1.465,78 Km² (IBGE, 2017). O clima

de São João del-Rei é o Cwa, temperado e úmido, apresentando duas estações bem definidas, verão quente e úmido, e inverno frio e seco (KÖPPEN e GEIGER, 1953). A temperatura média anual do município é de 19,2°C, e a precipitação média anual é de 1437 mm (BARUQUI *et al*, 2006). A vegetação natural predominante na região é determinada como campo cerrado e cerrado (CETEC, 1989). A vegetação no município é caracterizada por áreas fragmentadas de matas, com escassez de grandes áreas contínuas de alta densidade vegetal, devido ao modo como foi desenvolvido o uso e ocupação do solo (ROSA *et al*, 2018). Dentre estas áreas, destaca-se um grande número de silviculturas de eucaliptais (RESENDE *et al*, 2015).

O relevo do município é formado pelas serras do Complexo da Mantiqueira, apresentando um padrão de dissecação homogênea, com densidade de drenagem média a baixa, colinas com topos convexos a tabulares e encostas suavizadas, intercaladas por cristas alongadas, geralmente assimétricas (BARUQUI *et al*, 2006). A área encontra-se inserida na unidade geomorfológica do “Planalto dos Campos das Vertentes”, subdivisão do “Planalto Centro Sul de Minas” e integrante, do domínio morfoestrutural “Escudo Exposto” (BRASIL, 1983).

Tratando-se da geologia do município, a estratigrafia da região enquadra-se no Grupo São João del-Rei. Segundo o Projeto Radam Brasil (1983), o Grupo São João del-Rei foi subdividido em cinco formações geológicas: Caranaíba, Barroso, Prados, Tiradentes e Carandaí, sendo as quatro primeiras, resultado de diferenças oriundas de mudanças de fácies sedimentar, e a última, de mudanças de grau metamórfico (IBAMA, 2005). Segundo o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, os solos predominantes no município são os Cambissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos - Amarelos, e Neossolos Litólicos (FEAM, 2010).

A Floresta Nacional de Ritápolis (21° 03' 21" S e 44° 15' 35" W), localiza-se em uma região ecotonal de floresta estacional semidecídua e cerrado lato sensu, às margens da confluência do Rio Santo Antônio com o Rio das Mortes, no sul do município de Ritápolis. Esta unidade de conservação faz divisa com os limites municipais de Coronel Xavier Chaves e São João del-Rei, e sua área ocupa 89,50 hectares (IBAMA, 2005). O clima, é o Cwa, com temperaturas moderadas, demarcado por um verão quente e chuvoso, e inverno frio e seco (KÖPPEN e GEIGER, 1953). A temperatura média anual é de 19,14°C e a pluviosidade média anual é de 1470 mm. A vegetação predominante é a Floresta Estacional Semidecidual, que corresponde à 36,94 ha (41,45%) da área total da Floresta, e o Campo Sujo e Cerrado, que ocupam cerca de 25,93 ha (29,10%). Ocupam ainda a área da FNR 2,00 ha (2,24%) de *Eucalyptus saligna*, que foram utilizados para reflorestamento (IBAMA, 2005).

No relevo da área da FNR e sua zona de amortecimento, predomina a unidade de mapeamento Fa4, definida como “Relevo de Desnudação em Interflúvios e Vertentes - Dissecação Fraca (BRASIL, 1983). A geomorfologia demonstra que a área de estudo se compõe de um modelado de dissecação fluvial, que não obedece à controle estrutural, definida por combinações de aprofundamento da drenagem (BRASIL, 1983). A FNR está inserida no Domínio dos Remanescentes de Cadeias Dobradas, Região dos Planaltos do Alto Rio Grande, e Unidade Planalto de Andrelândia (IBAMA, 2009).

Quanto à geologia, a estratigrafia da região insere-se no Grupo São João del-Rei, sendo o mesmo representado pelas Formações Tiradentes e Prados. Os solos encontrados nos limites da FNR são classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Neossolos, Cambissolos Háptico, Latossolo Vermelho - Amarelo hálico, provavelmente ácrico (EMBRAPA, 1999), além de solos com horizonte B textural (Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos) e a ocorrência localizada de solos com horizonte B nítico (Nitossolo), além de Neossolos Flúvicos, ao longo do rio das Mortes (IBAMA, 2005).

Análises físicas e químicas do topo do solo

Nas áreas selecionadas, foram realizadas análises químicas e físicas de amostras retiradas do topo do solo (*topsoil*) em cada área amostral, onde foram determinados a textura, o teor de matéria orgânica e os nutrientes básicos. Foram utilizadas amostras compostas, que consistem na união de várias coletas de amostras simples, recolhidas aleatoriamente em campo. As áreas selecionadas para análises foram separadas em glebas, onde foram coletadas 10 amostras retiradas no topo do solo dentro de 1 ha. As glebas foram perfuradas com o auxílio de um trado holandês manual e uma cavadeira articulada com cabo de madeira (Figura 2), alternando em forma de “ziguezague” a direção das coletas, visando possibilitar a coleta de amostras pela maior parte das áreas amostrais. As coletas foram realizadas longe de casas, brejos e sulcos de erosão, visando evitar influências não desejadas nas análises.



Figura 2: Procedimentos realizados para a coleta de amostras do topo do solo. Fonte: Acervo dos autores.

A profundidade perfurada para o recolhimento das amostras foi de 0 – 40 cm e o solo coletado foi acondicionado em um balde de plástico previamente higienizado (Figura 2). O solo foi homogeneizado e, dessa mistura, retirou-se uma porção de 500 g, sendo acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados, e posteriormente enviados ao Laboratório de Análises de Solo, do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram realizadas as análises laboratoriais. A análise granulométrica foi conduzida pelo método da Pipeta conforme descrito no item D.1 do manual da Embrapa (ALMEIDA *et al*, 2012).

As análises químicas foram realizadas conforme os métodos descritos no manual de métodos de análise de solo da Embrapa, onde ocorreu a preparação das amostras para as análises seguindo os seguintes procedimentos: inicialmente, as amostras identificadas foram distribuídas sobre folhas de papel, para serem destorroadas manualmente. Em seguida, realizou-se uma completa secagem das amostras em uma estufa com circulação de ar forçada, à uma temperatura de 40°C. Posteriormente, as amostras foram destorroadas utilizando um rolo de madeira, de maneira à evitar a quebra de rochas. Por último, as amostras foram acondicionadas em uma peneira com malha de 2 mm, visando o descarte da parte da amostra retida na peneira, obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi alocada em um recipiente apropriado, devidamente identificado, para que fossem realizadas as análises (EMBRAPA, 1997). As áreas estudadas apresentam topo de solo ácido e de baixa fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas do *Topsoil*, na profundidade de 0 - 40 cm. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Área amostral	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H + Al
		mg/dm ³		cmolc/dm ³			
Área controle	4,80	33,03	0,42	0,11	0,1	0,94	3,31
	(0,50)	(3,47)	(0,06)	(0,03)	(0,02)	(0,07)	(0,17)
<i>Eucalyptus spp.</i>	5,33	27,63	0,33	0,15	0,1	0,16	3,82
	(0,29)	(13,43)	(0,13)	(0,09)	(0,00)	(0,20)	(1,08)

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5; P- K- Extrator Mehlich 1; Ca- Mg- Al- Extrator: KCl – 1 mol/L H + Al – Extrator: SMP. Fonte: dos autores.

Foi realizada ainda, uma análise relacionada às características dos agregados do solo, onde foram coletadas três amostras em cada domínio, escolhidas aleatoriamente, no entorno das parcelas em que estavam localizados os *litter bags*, nas profundidades de 0 à 20 cm, correspondendo à seis amostras de solo para estas análises. Para isso foi mensurada, no laboratório de Geologia e Pedologia da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), a quantidade e distribuição dos agregados estáveis à agitação mecânica a seco. Onde o conjunto de peneiras foi submetido a movimentos rotatórios com vibração, visando determinar o percentual de agregados do solo em diferentes classes de tamanhos (EMBRAPA, 1997).

Análises estatísticas

Foram realizadas análises estatísticas visando a comparação entre as características químicas e físicas dos solos amostrados nas áreas de eucaliptais e área controle. Para tal, foram aplicados sobre os dados coletados a realização do Teste-t de Student ($p < 0,05$), para comparações par-a-par entre as amostras (Amostras Controle x *Eucalyptus spp.*). Os testes estatísticos foram executados através dos softwares de estatísticas, Microsoft Excel e Paleontological Statistics Software (PAST).

Resultados

As áreas experimentais apresentaram solos ácidos, sendo que as amostras coletadas na área controle apontaram pH médio igual a 4,80, e as amostras provenientes das áreas de eucaliptais pH médio igual a 5,30. Não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os valores apresentados. Os solos amostrados são distróficos, demonstrando valores para soma de bases trocáveis (SB) abaixo de 1,2 cmolc/dm³, e índice de saturação de bases (V) menor que 25%. De forma que na área controle os valores para SB obteve média igual a 0,34 cmolc/dm³, e para o V valor médio igual a 7,52%. As amostras oriundas das áreas de eucaliptais

apontaram média igual a 0,43 cmolc/dm³ para SB e 11,12% para V (Tabela 2). Não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

Tabela 2: Valor médio das características químicas do solo nas distintas áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Amostra	pH	SB	t	T	V	M	M.O.	P-Rem
		cmolc/dm ³			(%)		dag/kg	mg/L
Área Controle	4,8 ^A (0,50)	0,34 ^A (0,25)	1,23 ^A (0,44)	3,60 ^A (0,93)	7,95 ^A (2,35)	74,63 ^A (4,73)	1,16 ^A (0,16)	24,95 ^A (3,67)
<i>Eucalyptus spp.</i>	5,33 ^A (0,29)	0,43 ^A (0,30)	0,81 ^A (0,40)	4,25 ^A (0,81)	11,12 ^A (9,88)	43,25 ^B (9,98)	1,72 ^A (1,09)	9,58 ^B (5,44)

pH em água, KCl e CaCl₂ Relação 1:2,5; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0; V: Índice de Saturação de Bases; m: Índice de Saturação de Alumínio; M.O.: Matéria Orgânica, Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10 N; P-Rem: Fósforo Remanescente. Fonte: dos autores.

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

As amostras da área controle demonstraram solos álicos ($m > 50\%$), enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais apresentaram solos acrícos ($m < 50\%$), sendo constatadas diferenças estatísticas entre o topsoil das distintas áreas experimentais. Para a concentração de Matéria orgânica (M.O.), as amostras oriundas da área controle apresentaram valor médio igual a 1,16 dag/kg, e o material coletado nas áreas de eucaliptais, 1,72 dag/kg. Não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 2).

Os solos amostrados apresentaram baixa Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, CTC (t), com valor médio igual a 1,23 cmolc/dm³ para a área controle, e 0,81 cmolc/dm³ para as amostras provenientes das áreas de eucaliptais. Quanto à Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0, CTC (T), as amostras de solo coletadas na área controle apontaram valor médio igual a 3,60 cmolc/dm³, enquanto as amostras de *Eucalyptus spp.* apresentaram valor médio igual a 4,25 cmolc/dm³. Não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras de topsoil das distintas áreas avaliadas (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 2).

Em relação aos valores de fósforo remanescentes (P-Rem) nas amostras, índice que detecta a capacidade de retenção de fósforo pelos solos, sendo que quanto maior for a capacidade de retenção de P, menor será o valor do P-Rem (ALVAREZ *et al*, 2001), as amostras provenientes das áreas de *Eucalyptus spp.* demonstraram maior capacidade de retenção de P, apresentando valor médio para o P-Rem igual a 9,58 mg/L, enquanto as amostras coletadas na área controle apontaram valor médio igual a 24,95 mg/L, sendo constatada diferenças

estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 2). Tais valores estão relacionados com a textura do solo (Tabela 3), de forma que quanto mais fina for a textura do material maior a sua capacidade de retenção de P (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Quanto às características granulométricas do topo dos solos, as amostras oriundas da área controle apresentaram textura arenosa, apontando para um valor de fração de areia igual a 53,12%. As amostras provenientes das áreas de eucaliptais indicaram solos de textura argilosa, apresentando um percentual de 57,50%, para a fração de argila nestas amostras (Tabela 3).

Tabela 3: Características da textura do solo nas diferentes áreas amostrais.

Amostra	Classificação do solo	Argila	Silte	Areia
		dag/kg		
Área Controle	Solo tipo 1	35,55 (3,79)	11,33 (3,21)	53,12 (5,51)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Solo tipo 3	57,50 (17,21)	30,20 (7,57)	12,30 (10,61)

Solo Tipo 1: Textura Arenosa; Solo Tipo 2: Textura Média; Solo Tipo 3: Textura Argilosa.
Fonte: dos autores.

Em relação aos agregados do solo, a área controle apresentou maior percentual de agregados maiores que 2 mm, apontando valor médio igual a 83,91%, para a concentração de agregados nesta classe de tamanho, enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais apresentaram valor médio igual a 78,44% (Tabela 5). Sendo constatada diferenças estatísticas entre as distintas amostras, para o percentual de agregados do solo maiores que 2 mm (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Esta estrutura porosa do *topsoil* no solo da área controle favorece a infiltração dos fluxos das chuvas em direção ao seu interior (COELHO NETTO, 1987). A tabela 4 aponta os valores para o percentual de agregados do topo do solo, das distintas áreas experimentais. Enquanto a tabela 5, demonstra o percentual médio seguido do desvio padrão.

Tabela 4: Valores para o percentual de agregados no *topsoil* (0 – 20 cm), nos pontos amostrados dos diferentes domínios.

Área amostral	Ponto de Coleta	> 2mm	1 a 2 mm	0,5 a 1 mm	< 0,5 mm
Área Controle	A	84,70	11,30	2,62	1,38
	B	82,48	13,09	2,57	1,86
	C	84,56	11,52	1,50	2,42
<i>Eucalyptus spp.</i>	A	77,34	16,55	4,25	1,86
	B	74,21	20,08	3,99	1,72
	C	76,96	17,89	3,24	1,91

Tabela 5: Valores médios para o percentual de agregados no *topsoil* (0 – 20 cm) nos diferentes domínios. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Área amostral	> 2mm	1 a 2 mm	0,5 a 1 mm	< 0,5 mm
Área Controle	83,91 ^A (1,24)	11,97 ^A (0,97)	2,23 ^A (0,63)	1,89 ^A (0,52)
<i>Eucalyptus spp.</i>	76,17 ^B (1,71)	18,17 ^B (1,78)	3,83 ^A (0,52)	1,83 ^A (0,10)

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).
Fonte: dos autores.

Discussão dos resultados

O topo do solo das áreas amostrais são ácidos, característicos de áreas de florestas tropicais (FUJII *et al*, 2011). Não foram apontadas diferenças significativas entre os valores obtidos relacionados ao pH do topo do solo. As áreas avaliadas apresentaram solos distróficos com valores de soma de bases trocáveis (SB) abaixo de 1,2 cmolc/dm³, e índice de saturação de bases (V) menor que 25% (Tabela 2). Isso ocorre em áreas que apresentam solos de baixa fertilidade, destacando o caráter distrófico destes solos. Estas condições, em que a flora tenta se estabelecer sobre solos pobres em nutrientes, são típicas de florestas tropicais (BAKER *et al*, 2003; TOWNSEND *et al*, 2011), isso influencia na disponibilização de nutrientes e o seu uso pelas plantas (VITOUSEK e STANFORD, 1986). Contextualizando com os processos ecossistêmicos avaliados em Pinto (2020), estes resultados evidenciam a importância da ciclagem de nutrientes nestes ambientes (BARNES *et al*, 2011; SOUZA e DAVIDE, 2015). A disponibilização de nutrientes para o solo através da decomposição da serapilheira (WOOD *et al*, 2006), se torna fundamental para a manutenção, dinâmica e capacidade produtiva dos solos destes ecossistemas (CALDEIRA *et al*, 2008).

As amostras do *topsoils* da área controle, demonstraram alta saturação de alumínio (m > 50%), característica de solos álicos. Já as amostras provenientes das áreas de eucaliptais, apresentaram baixa saturação de alumínio (m < 50%), típico de solos ácidos. De maneira que foram registradas diferenças estatísticas entre as amostras em relação à saturação de alumínio no *topsoil*. Quanto à concentração de Matéria orgânica (M.O.) no topo dos solos, a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, CTC (t), e a Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0, CTC (T), não foram estabelecidas diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

A área controle demonstrou menor capacidade de retenção de P, apresentando taxa de fósforo remanescente (P-Rem), significativamente maior que as amostras de solos provenientes das áreas de eucaliptais. A taxa de fósforo remanescente registra a capacidade de retenção de P pelo solo, sendo que quanto maior for o valor para P-Rem, menor é a sua capacidade de retenção de P (ALVAREZ *et al*, 2001). A taxa de fósforo remanescente está relacionada à textura do

solo, de maneira que quanto mais fina for a textura, maior será a sua capacidade para a retenção de P (NOVAIS e SMYTH, 1999). Esta relação foi observada neste estudo, visto que as amostras de *topsoils* provenientes das áreas de eucaliptais, que apresentou textura argilosa, apontou maior capacidade de retenção de P (Tabela 2), que o topo dos solos da área controle, que demonstrou textura arenosa.

Quanto aos aspectos físicos do topo dos solos, os dados levantados apontaram às seguintes características: O *topsoil* amostrado da área controle apresentou textura arenosa, típico de solos em áreas florestais (CASTRO JR., 1991). As amostras provenientes das áreas de eucaliptais, demonstraram topo do solo de textura argilosa (Tabela 3). Ambientes que apresentam textura de solo arenosa, como na área controle, propiciam maiores taxas de infiltração e percolação da água que chega à superfície do solo (COELHO NETTO, 1987). Esta maior circulação de água no sistema (VALLEJO, 1982), faz com que os solos sofram mais com os processos de lixiviação resultando em uma menor retenção de nutrientes pelos solos arenosos (BRADY e WEIL, 2013). Estes fatores ressaltam a importância da ciclagem de nutrientes para o estabelecimento e continuidade da vegetação sobre estes tipos de solos (CALDEIRA *et al*, 2008), evidenciando a importância da manutenção de um material vegetal diversificado e de alta qualidade (KIMMINS, 2004), para a conservação do funcionamento destes ecossistemas (BARNES *et al*, 2011; Pinto, 2020).

Em relação à porção de agregados no topo dos solos, as amostras coletadas na área controle apresentaram percentual médio de agregados maiores que 2 mm igual a 83,91%, enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais indicaram valor médio igual a 76,17% (Tabela 5). Sendo apontadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras, para esta classe de tamanho dos agregados do *topsoil* (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Percebe-se que as características dos agregados do solo entre as áreas, apontam para uma redução dos agregados maiores de solo presentes no *topsoil* das áreas de eucaliptais. O que resulta em alterações no sistema ambiental, visto que o percentual de agregados no solo possui uma relação direta com o aumento da macroporosidade, e que tem impacto nos processos de infiltração e percolação das águas das chuvas (COELHO NETTO, 2005). A literatura aponta esta estrutura porosa do topo do solo, observada na área controle como fator que favorece a infiltração dos fluxos das chuvas em direção ao interior dos solos (BRADY e WEIL, 2013; COELHO NETTO, 1987).

Considerações finais

No geral, os atributos químicos e físicos do topo dos solos avaliados neste estudo não se diferenciaram muito entre as áreas estudadas, diferentemente do que ocorreu para as análises realizadas sobre a serapilheira, na qual as amostras coletadas na área controle apresentaram valores referentes às taxas de decomposição da serapilheira e capacidade de retenção hídrica, significativamente maiores que as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais, além de demonstrarem serapilheira de qualidade nutricional mais elevada (Pinto, 2020). Tal fato pode ser explicado pela profundidade de solo (0 – 40 cm) em que foram coletadas as amostras, na qual a influência da serapilheira já não seja tão grande como nos primeiros 5-10 centímetros dos solos.

Foi visto que o topo do solo das áreas amostrais são ácidos, característicos de áreas que apresentam solos de baixa fertilidade, destacando o caráter distrófico dos solos amostrados. Estas condições de solos são comuns em áreas de florestas tropicais, na qual a flora tenta se estabelecer sobre solos pobres em nutrientes. Os resultados aqui apresentados, alertam sobre a importância da ciclagem de nutrientes em ambientes com estas características, de modo que a disponibilização de nutrientes para o solo através da decomposição da serapilheira se torna fundamental para a manutenção, dinâmica e capacidade produtiva dos solos nestes ecossistemas.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da Pós-Graduação, e a Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pela concessão da bolsa de estudos.

Referências bibliográficas

ABER, J. D.; MELILLO, J. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soil. **Canadian Journal of Botany**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 1980.

<https://doi.org/10.1139/b80-046>

ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEXEIRA, W. G. Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. Ed. 1. **Embrapa Solos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 11 p., 2012.

ALMEIDA, C. G. Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná. Dissertação de mestrado em Gestão do Território, **Universidade Estadual de Ponta Grossa**. Ponta Grossa-PR, 74 p., 2008. <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/498>

ALVARENGA, A. C. Produção e qualidade de serapilheira e aporte de nutrientes em sistemas agroflorestais de agricultores familiares do norte de Minas Gerais. Dissertação de mestrado em

Ciências Agrária, área de concentração em Agroecologia - **Universidade Federal de Minas Gerais**, p. 83, 2013. <http://hdl.handle.net/1843/NCAP-9BMGCK>

ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. D.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. D. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Viçosa: Boletim informativo da sociedade brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2001.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 1-2, p. 21-36, 2003. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00040>

BAPTISTA, P. J. A ecologia da paisagem na promoção da biodiversidade. **Agro fórum: revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco**, v. 7, n. 13, p. 37-43, 1998. <http://hdl.handle.net/10400.11/5962>

BARNES, P.; WILSON, B. R.; REID, N.; KOEN, T. B.; LOCKWOOD, P.; LAMB, D. W. Litterfall and associated nutrient pools extend beyond the canopy of scattered eucalypt trees in temperate pastures. **Plant and soil**, v. 345, n. 1-2, p. 339-352, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0786-y>

BARUQUI, A. M. A.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A. D. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96 (INFOTECA-E)**. 326 p., 2006. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/856021>

BENSUNSAN, N. Conservação da biodiversidade em áreas protegidas. Ed. 1. Rio de Janeiro: **Editora FGV**, 176 p., 2006.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. **Bookman Editora**, 3^a Ed., 685 p., 2013.

BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folhas SF>23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia; geomorfologia; pedologia; vegetação e uso potencial da terra. **Projeto RADAM BRASIL**, Rio de Janeiro, RJ. v. 32, 780 p., 1983.

BROWN, G.G.; SAUTTER, K.D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals. The XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International **Colloquium on Apterygota. Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, p. 1-9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800001>

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Seminário: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p. 53-68, 2008. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744087006>

CASTRO JR., E. Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de Floresta Atlântica de Tabuleiros, ES. Tese de doutorado, **Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ**, 284 p., 2002.

CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Caracterização Ambiental da Bacia do Rio das Mortes. MG. **Relatório Técnico Final**. Belo Horizonte. v. 1 e 2, 11 p., 1989.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>

COELHO NETTO A. L. Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, p.93-148, 2003. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v4i2.25>

- COELHO NETTO, A. L. A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 46-60, 2005. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0005>
- COELHO NETTO, A. L. Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. **Catena**, v. 14, n. 1-3, p. 213-231, 1987. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(87\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(87)80019-X)
- COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**, v. 2, n. 34, p. 259-265, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000200008>
- CRAGG, R. G.; BARDGETT, R. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition process. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, p. 2073-2081, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00138-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00138-9)
- CURI, Nilton. Vocabulário de ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1993.
- DE ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, 2007. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/issue/view/401>
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, v. 35, p. 1-21, 1994. <https://doi.org/10.2136/sssaspepub35.c1>
- EMBRAPA - Manual de métodos de análise de solo. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, Ed. 2, 212 p., 1997.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ / Produção de Informação. Brasília, DF. **Rio de Janeiro**, Ed. 1, 412 p., 1999.
- FACELLI J. M.; FACELLI E. Interactions after death: plant litter controls priority affects in a successional plant community. **Oecologia**, v. 95, p. 277-282, 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00323500>
- FAGERIA, Nand Kumar; BALIGAR, Virupax C.; JONES, Charles Allan. Growth and mineral nutrition of field crops. **CRC Press**, 624 p., 2010.
- FAGERIA, Nandi Kumar; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. Maximização da eficiência de produção das culturas. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 294 p., 1999.
- FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mapa de Solos de Minas Gerais: legenda expandida. Belo Horizonte: **FEAM/UFV/CETEC/UFLA**, 49 p., 2010.
- FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. D.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. D. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1 a 9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, S.; COE, M.T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L.; VANCLAY, J. K. Mixed-species plantations of Eucalyptus with nitrogen-fixing trees: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 233, n. 2-3, p. 211-230, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.012>

- FUJII, K.; HARTONO, A.; FUNAKAWA, S.; UEMURA M.; KOSAKI, T. Acidification of tropical forest soils derived from serpentine and sedimentary rocks in East Kalimantan, Indonesia. **Geoderma**, v. 160, p. 311-323, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.-geoderma.2010.09.027>
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, NF. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.
- GONZÁLEZ, G.; LEY, R. E.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia**, v.128, n. 4, p. 549-556, 2001. <https://doi.org/10.1007/s004420100685>
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: I. External effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 10, p. 1381-1388, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00043-8)
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 75, n. 1, p. 133-140, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00069-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00069-9)
- HERNÁNDEZ, J. M. L. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios de estado de Nuevo León, México. Tese (Doutorado em manejo de Recursos Naturais) Universidad de Autónoma de Nuevo León, **Facultad de Ciencias Forestales**, 93 p., 2014.
- IBAMA. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ritópolis. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Brasília-DF**, 227 p., 2005.
- KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 61, p. 4-10, 1997. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>
- KIMMINS, J. P. Forest Ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forest. Ed. 3. **Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River**, New Jersey, p. 72-138, 2004. <https://doi.org/10.1002/9780470995242>
- KÖPPEN, W. P.; GEIGER, R. Klimakarte der Erde. Verlag Justus Perthes, 1953.
- LEMA, M., KEBE, S.; OPIO, R.; FENDERSON, C.; ADEFOPE, N. Evaluation of TRICAL-336 triticale, Maton rye and Kentucky-31 fescue as winter pasture for meat goats. **Journal of sustainable agriculture**, v. 30, n. 2, p. 89-104, 2007. https://doi.org/10.1300/J064v30n02_09
- LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. **São Paulo: EDUSP 2ª ed.**, 301p., 1996.
- MASON, C. F. Decomposição - Temas de biologia. São Paulo, **EPU/Universidade de São Paulo**, v. 18, 63 p., 1980.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (Brasil). **Departamento de Solos**, n. 631.422 N934, 399 p., 1999.
- ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 434 p., 1988.
- PÁDUA, C. B. V.; CHIARAVALLI, R. M. Silvicultura e Biodiversidade. Rio do Sul, SC. APREMAVI, **Cadernos do Diálogo**, v. 4, 2012. <https://dialogoflorestal.org.br/wp-content/uploads/2018/05/cadernos-do-dialogo4-silvicultura-e-biodiversidade.pdf>
- PEDRO, C. M. Aporte e decomposição de serapilheira em um fragmento de cerrado sensu stricto. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins-Campus Universitário de Gurupi. **Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**, Gurupi-TO, 40 p., 2017.
- PINTO, Winkler José. Qualidade ambiental em plantações de eucalyptus spp. Determinada a partir de processos funcionais da serapilheira. Dissertação de Mestrado apresentada ao **Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)**, São João del-Rei – MG, 89 p. 2020.

- PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava-PR. **Floresta**, v. 26, n. 1-2, p. 3-10, 1996.
- RESENDE, T. F.; ALMEIDA, G. P.; DE NEGREIROS, A.B. Caracterização geoecológica e análise de fragmentos da bacia do Córrego do Lenheiro, São João del-Rei-MG. **Revista Continentes**, n. 6, p. 68-82, 2015. <http://www.revistacontinentes.com.-br/index.php/continentes/article/view/71>
- ROSA, T.; DUTRA, S. B.; DE NEGREIROS, A. B.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. D. S. Modificações de uso e cobertura da terra no município de São João del-Rei-MG com ênfase para áreas de regeneração da cobertura vegetal. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, p. 313-324, 2018. <https://doi.org/10.14393/RCG196622>
- SANTANA, F. S. Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de computação e sistemas digitais, 141 p., 2009. <https://doi.org/10.11606/T.3.2009.tde-13072009-165044>
- SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; KÖNIG, F. G. Análise de nutrientes para a sustentabilidade. Curitiba: **Revista da Madeira**, n. 83, ano 14, 2004.
- SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science, Madison**, v.164, p. 224-233, 1998.
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Litterfall and nutrient deposition in a semi-deciduous mountain forest and in eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) and Bracatinga (*Mimosa scabrella*) plantations in areas degraded by mining. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2015. <http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/369>
- TOWNSEND, A. R.; ASNER, G. P.; CLEVELAND, C. C. The biogeochemical heterogeneity of tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23 n. 8, p. 424-431, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.04.009>
- VALLEJO, L. R. A influência do “litter” na distribuição das águas pluviais. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia). **Rio de Janeiro, RJ: UFRJ**, 88 p., 1982.
- VIANA, M. B. O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala (*Eucalyptus* and the Environmental Effects of Its Planting at Scale). **Brasília: Biblioteca Digital Câmara**. Accessed October, v. 11, p. 2017, 2004.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 137-167, 1986.
- VOIGTLAENDER, M.; BRANDANI, C. B.; CALDEIRA, D. R. M.; TARDY, F.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, M. Z.; LEITE, F. P.; BRUNET, D.; PAULA, R. R.; LACLAU, J. P. Nitrogen cycling in monospecific and mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* at 4 sites in Brazil. **Forest ecology and management**, v. 436, p. 56-67, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.055>
- WOOD, T. E.; LAWRENCE, D.; CLARCK D. A. Determinants of leaf litter nutrient cycling in a Tropical Rain Forest: soil fertility versus topography. **Ecosystems**, v. 9, p. 700-710, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0016-7>
- ZHANG, C.; FU, S. Allelopathic effects of eucalyptus and the establishment of mixed stands of eucalyptus and native species. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1391-1396, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.045>