

UFRRJ

INSTITUTO DE FLORESTAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS

AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Caracterização Morfométrica de Microbacias
Hidrográficas e Atributos Edáficos de Fisionomias
Florestais no Parque Estadual de Nova Baden, MG**

Ariovaldo Machado Fonseca Júnior

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS E ATRIBUTOS EDÁFICOS DE FISIONOMIAS
FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DE NOVA BADEN, MG**

ARIOVALDO MACHADO FONSECA JÚNIOR

Sob a Orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

e Coorientação do Professor
Rafael Coll Delgado

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Março de 2021

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central/Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F676c	<p>Fonseca Júnior, Ariovaldo Machado, 1987- Caracterização morfométrica de microbacias hidrográficas e atributos edáficos de fisionomias florestais no Parque Estadual de Nova Baden, MG / Ariovaldo Machado Fonseca Júnior. – Seropédica, 2021. 31 f. : il.</p> <p>Orientador: Marcos Gervasio Pereira. Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, 2021.</p> <p>1. Fragmentos Florestais. 2. Bacias hidrográficas. 3. Indicadores de qualidade do solo. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-, orient. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais III. Título.</p>
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.</p>

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

ARIOVALDO MACHADO FONSECA JÚNIOR

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 16/03/2021.

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Dra. Embrapa Agrobiologia

Daniel Costa de Carvalho. Dr. UNB

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar meus caminhos.

À Rosa Maria Borges Fonseca (in memoria) e Gilda Machado Fonseca, por serem as melhores mãe e avó que eu poderia ter.

Ao povo do Brasil, por financiar meus estudos.

À minha querida Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de estudar numa Universidade gratuita de qualidade.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF), pela oportunidade de aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

Ao meu orientador Marcos Gervasio Pereira, toda gratidão do mundo por acreditar em mim e abraçar meus sonhos através da pesquisa.

Aos colegas de laboratório, em especial Victoria, Ana Carolina, Camila, Sidney, Shirlei e Gilsonley pela companhia e amizade durante esse período.

Ao meu coorientador, Professor Rafael Coll Delgado, por todo apoio durante todo esse período.

Aos membros da banca, Professora Eliana Maria Ribeiro da Silva e Professor Daniel Costa de Carvalho, pelas contribuições a esse trabalho.

A todos os professores, que contribuíram paraminha formação, os levarei sempre comigo.

A todos servidores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Especial Sr Tião do Viveiro, por toda amizade e conselhos durante minha formação.

Ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais(IEF-MG), pela autorização da pesquisa no Parque Estadual Nova Baden.

À Evania Belmira Santana e toda equipe do Parque Estadual Nova Baden, por todo apoio e suporte para realização das coletas de campo.

A toda minha família por sempre torcerem e me apoiarem, em especial Gracy, Fatinha, Celso, Adriana, Anne, Melinha, Terezinha, Ariovaldo, Elisa, Enilda, Paulo, Celso, Donizetti, Job, Juliana, Joao Paulo, Juliano, Elaine, Antônio Augusto, Júlio Cesar, Guto, Sandra, Patrícia, Alessandra, Jobinho, Dedé Camila, Marco, Giovanna Eliza, Matheus, Leonardo, Myllena, Isadora, Isabella e Giovanna.

Aos meus amigos de vida e da Rural por estarem sempre lá, em especial Silvana Alves Ribeiro e Amanda Arantes Junqueira, gratidão por tudo sempre.

À quem me dedica o mais puro amor que já encontrei, a minha filha de quatro patas Assustada.

Obrigado.

BIOGRAFIA

Ariovaldo Machado Fonseca Junior nasceu no dia 04 de abril de 1987 na cidade de Lambari no sul do estado de Minas Gerais, filho de Ariovaldo Machado Fonseca e Rosa Maria Borges Fonseca. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no dia 09 de agosto de 2010, no curso de Engenharia Florestal, graduando-se em Janeiro de 2018. Durante a graduação, através do Programa Ciência sem Fronteiras, realizou intercâmbio no período de Julho de 2013 a Julho de 2014, na Itália na Universidade de Bologna, após seu retorno foi bolsista de iniciação científica durante o período de 2015 a 2017, no laboratório de Gênese e Classificação do Solo no Departamento de Solos, realizando atividades de pesquisa relacionadas a produção de mudas para recuperação de áreas degradadas. Em Março de 2018 ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração Conservação da Natureza.

RESUMO

FONSECA JÚNIOR, Ariovaldo Machado. **Caracterização morfométrica de microbacias hidrográficas e atributos edáficos de fisionomias florestais no Parque Estadual de Nova Baden, MG.** 2021. 31f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

Os parques estaduais são unidades de proteção integral criadas para proteger ecossistemas de grande relevância ambiental. A melhor gestão dessas Unidades de Conservação pode ser realizada através da realização de planos de manejo. O Plano de Manejo é um documento técnico mediante o qual se estabelece o zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à sua gestão. Uma das etapas necessárias para a realização de um correto plano de manejo é a caracterização do meio físico, com destaque para as condições da vegetação, climáticas, topográficas, geológicas e pedológicas. O estudo de todos esses fatores de forma integrada pode ser realizado através do estudo das bacias hidrográficas. Nas Unidades de Conservação, apesar de toda a proteção imposta as mesmas, por muitas vezes podem ser verificadas áreas tradicionais entre diferentes formações florestais, sendo essas áreas denominadas de ecótono, sendo ainda escassos os estudos que avaliam as modificações dos atributos edáficos nesses ambientes. A partir do exposto o projeto de pesquisa teve como principais objetivos: a) caracterização fisiográfica da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Melo; b) avaliar os atributos de solo, serapilheira e da vegetação em um transecto que compreenda as áreas de floresta e os talhões de eucalipto e o possível ecótono existente entre estas, identificando as possíveis modificações e c) Gerar informações que contribuam para uma melhor compreensão dos processos ecológicos. Para o estudo foram delimitadas duas microbacias hidrográficas para a sua caracterização morfológica. Adicionalmente foram selecionadas três áreas para o estudo de fragmentos florestais a saber: a) área de eucalipto, b) área de floresta nativa e c) área de ecótono (transição mata – eucalipto). Como principais resultados verificou-se para as microbacias, que o fator forma baixo indica que as microbacias do Parque Estadual Nova Baden são pouco suscetíveis a enchentes. As microbacias do Parque Estadual Nova Baden, possuem uma pequena área e a da Trilha dos Troncos, apresenta uma maior densidade de drenagem, ou seja, a uma melhor resposta na relação precipitação e vazão. Quanto aos atributos edáficos, os maiores valores de carbono foram quantificados na área de eucalipto, já os maiores valores de estoque foram verificados nas áreas de floresta e eucalipto não havendo diferenças entre estas. Verifica-se que o longo tempo de implantação do plantio de eucalipto bem como o processo de sucessão natural, estão contribuindo para o aumento dos teores e estoques de carbono no solo. Na área de eucalipto esse padrão pode estar sendo favorecido pela sua localização que contribui para que a decomposição da matéria orgânica ocorra de forma mais lenta propiciando esse acúmulo. Não foram verificadas grandes diferenças quanto à fertilidade dos solos das áreas estudadas, porém na área de Floresta foi observada uma maior disponibilidade dos nutrientes Ca, Mg e K, em contrapartida na área de Eucalipto foram observados os maiores valores de P. A dinâmica dos atributos do solo na área de ecótono floresta-eucalipto é mais similar ao fragmento florestal em comparação ao povoamento de eucalipto.

Palavras-chave: Fragmentos florestais. Bacias hidrográficas. Indicadores de qualidade do solo.

ABSTRACT

FONSECA JÚNIOR, Ariovaldo Machado **Morphometric characterization of watersheds and edaphic attributes of forest physiognomies in Parque Estadual de Nova Baden, MG.** 2021. 31p. Dissertation (Master in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

State parks are integral protection units created to protect ecosystems of great environmental relevance. The best management of these Conservation Units can be achieved through the realization of forest management plans. The Forest Management Plan is a technical document through which the zoning and rules that govern the use of the area and the management of natural resources are established, including the implementation of the physical structures necessary for its management. One of the necessary steps for the realization of a correct management plan is the characterization of the physical environment, with emphasis on vegetation, climatic, topographic, geological and pedological conditions. The study of all these factors in an integrated manner can be carried out through the study of hydrographic basins. In the Conservation Units, in spite of all the protection imposed on them, transitional areas between different forest formations can often be verified, these areas being called ecotone, and there are still few studies evaluating changes in soil characteristics in these environments. Based on the above, the research project had as main objectives: a) Physiographic characterization of the Ribeirão do Melo hydrographic sub-basin; b) Evaluate the attributes of soil, litter and vegetation in a transect that includes the areas of forest and eucalyptus stands and the possible ecotone between them, identifying possible changes and c) Generating information that contributes to a better understanding of the processes ecological. As main results it was verified for the micro basins, that the low form factor indicates that the micro basins of the Nova Baden State Park are little susceptible to floods. The microbasins of the Nova Baden State Park have a small area and that of the Troncos Trail, has a higher drainage density, that is, a better response in the precipitation and flow ratio. As for the edaphic attributes, the highest carbon values were quantified in the eucalyptus area, whereas the highest stocks values were verified in the forest and eucalyptus areas, with no differences between them. It is verified that the longtime of implantation of the eucalyptus plantation as well as the process of natural succession, are contributing for the increase of the levels and carbon stocks in the soil. In the eucalyptus area, this pattern may be favored by its location, which contributes to the decomposition of organic matter to occur more slowly, providing this accumulation. There were no major differences in the fertility of the soils in the studied areas, but in the Forest area there was a greater availability of nutrients Ca, Mg and K, in contrast in the Eucalyptus area, the highest values of dynamic PA of the soil attributes were observed. in the ecotone forest-eucalyptus area it is more similar to the forest fragment in comparison to the eucalyptus stand.

Keywords: Forest fragments. Watersheds. Soil quality indicators.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da área de estudos (Parque Estadual Nova Baden, Lambari – MG).....5
- Figura 2.** Microbacias Hidrográficas do Parque Estadual Nova Baden. 8
- Figura 3.** Visão interna da área de povoamento de eucalipto. Fonte: Marcos Gervasio Pereira 11
- Figura 4.** Visão interna da área do fragmento florestal. Fonte: Marcos Gervasio Pereira 11
- Figura 5.** Visão interna da área de ecótono. Fonte: Marcos Gervasio Pereira 12
- Figura 6.** Coleta de amostras de terra para avaliação da fertilidade do solo no interior da área de eucalipto. 12
- Figura 7.** Coleta de serapilheira na área de ecótono. 13
- Figura 8.** *Eucalyptus robusta* Sm. (Myrtaceae) b. *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (Myrtaceae). 15
- Figura 9.** *Euterpe edulis* Mart (Areacaceae) (a); *Psychotria vellosiana* Benth. (Rubiaceae) (b); *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) (c); *Xylopia brasiliensis* Spreng. (Annonaceae) (d); *Piper* spp. (Piperaceae) (e); *Cyathea* sp.(Cyatheaceae) (f)..... 16
- Figura 10.** *Sanchezia* sp. (Acanthaceae)..... 17
- Figura 11.** Caracterização da declividade das microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos. 19
- Figura 12.** Orientação das vertentes das microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos. 20
- Figura 13.** Distribuição da radiação solar nas microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos. 20
- Figura 14.** Dendrograma de agrupamento hierárquico (Ligação Simples; Método: Gower) integrando os atributos do solo de floresta, ecótono floresta-eucalipto e povoamento de eucalipto, nas profundidades de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B). 24
- Figura 15.** Análise de componente principal (A) e dendrograma de agrupamento hierárquico (Ligação Simples; Método: Gower) (B) integrando os atributos do solo de floresta, ecótono floresta-eucalipto e povoamento de eucalipto, nas profundidades de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B). COT= Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; Sera: Serapilheira. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da Dd de bacias hidrográficas.	10
Tabela 2. Classificação da Dh de bacias hidrográficas.	10
Tabela 3. Classificação da vegetação área de eucalipto.	16
Tabela 4. Classificação da vegetação área de floresta.	17
Tabela 5. Principais características morfométricas das microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).	18
Tabela 6. Área percentual das classes de declividade nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).	19
Tabela 7. Área percentual % das orientações das vertentes nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).	20
Tabela 8. Área percentual % dos valores Radiação solar (Wh/m^2) nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).	21
Tabela 9. Valores de estoque de serapilheira nas diferentes áreas de estudo.	21
Tabela 10. Valores de densidade do solo nas diferentes áreas de estudo.	22
Tabela 11. Valores de estoque de carbono orgânico nas diferentes áreas de estudo.	23
Tabela 12. Valores de estoque de carbono orgânico nas diferentes áreas de estudo.	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Bacias Hidrográficas como Unidades de Manejo.....	3
2.2. Ecótonos em Fragmentos Florestais	3
2.3. Ciclagem de Nutrientes e Atributos Edáficos em Ambientes Florestais	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1. Caracterização do Meio Físico	5
3.1.1. Floresta semidecidual montana.....	7
3.1.2. Floresta estacional semidecidual aluvial com euterpe edulis.....	7
3.1.3. Floresta estacional semidecidual alto-montana.....	7
3.1.4. Campo brejoso de <i>Hedychium coronarium</i>	7
3.2. Identificação das Espécies Vegetais	7
3.3. Caracterização Morfométrica das Microbacias Hidrográficas	7
3.4. Avaliação dos Atributos do Solo e Serapilheira	10
3.4.1. Ambientes selecionados	10
3.4.2. Povoamento de eucaliptos (EUC)	10
3.4.3. Fragmento florestal nativo (F)	11
3.4.4. Área de ecótono.....	11
3.5. Amostragem.....	12
3.6. Processamento no Laboratório.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Classificação da Vegetação	15
4.2. Bacias Hidrográficas	17
4.3. Estoque de Serapilheira	21
4.4. Granulometria, Densidade do solo (Ds), Diâmetro Médio Ponderado dos Agregados Via Seca (DMPvs) e Via Úmida (DMPvu)	21
4.5. Fertilidade do Solo.....	22
4.6. Teores e Estoque de Carbono Orgânico	23
4.7. Análises Multivariadas	24
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

Os parques constituem unidades de conservação, terrestres e/ou aquáticas, normalmente extensas, destinadas à proteção de áreas representativas de ecossistemas, podendo também ser áreas dotadas de atributos naturais ou paisagísticos notáveis, sítios geológicos de grande interesse científico, educacional, recreativo ou turístico, cuja finalidade é resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e das belezas naturais com a utilização para objetivos científicos, educacionais e recreativo. Assim, os parques são áreas destinadas para fins de conservação, pesquisa e turismo. Podem ser criados no âmbito nacional, estadual ou municipal, em terras de seu domínio, ou que devem ser desapropriadas para esse fim. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas em regulamento. As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal (FUNDAÇÃO FLORESTAL-SP, 2018).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (criado em 2000) estabelece 12 categorias de Unidades de Conservação (UCs), com diferentes critérios de gestão e manutenção. A primeira unidade de conservação estadual de Minas Gerais foi o Parque Estadual do Rio Doce, criado em 14 de julho de 1944, para preservar áreas remanescentes da Mata Atlântica. Hoje, o estado possui 112 UCs, sendo 38 parques estaduais, unidades de proteção integral criadas para proteger ecossistemas de grande relevância ambiental. Ao contrário do que muitos pensam, os parques estaduais não são territórios intocáveis: nesses espaços, são permitidos a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e lazer (REVISTA SAGARANA, 2018).

A melhor gestão dessas Unidades de Conservação pode ser realizada através da realização de planos de manejo florestal. Define-se Plano de Manejo é um documento técnico mediante o qual se estabelece o zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à sua gestão.

O Plano de Manejo é considerado como uma técnica ou instrumento de organização de processos futuros que permite otimizar as ações destinadas a alcançar objetivos propostos para a área. Neste contexto o plano de manejo, contendo as orientações e informações ao adequado desenvolvimento das atividades e ações necessárias para se alcançar os objetivos, constitui-se no documento pelo qual se guiará o gestor da área nos seus trabalhos de administração. Uma das etapas necessárias para a realização de um correto plano de manejo é a caracterização do meio físico, com destaque para as condições da vegetação, climáticas, topográficas, geológicas e pedológicas. O estudo de todos esses fatores de forma integrada pode ser realizado através do estudo das bacias hidrográficas. Nas Unidades de Conservação, apesar de toda a proteção imposta as mesmas, por muitas vezes podem ser verificadas áreas transicionais entre diferentes formações florestais as quais são denominadas de ecótonos, sendo ainda escassos os estudos que avaliam as modificações dos atributos edáficos nesses ambientes.

O projeto de pesquisa será desenvolvido no Parque Estadual Nova Baden, localizado no município de Lambari, MG. A área foi protegida em 1974, com a criação da Reserva Biológica, sendo alterada sua categoria de manejo para Parque em 27 de setembro de 1994. O Parque localiza-se numa importante posição geográfica, inserido na sub-bacia do Ribeirão do Melo, na bacia hidrográfica do Rio Grande, possuindo uma área de 214,47 hectares, nas quais os recursos hídricos se destacam. O Parque apresenta uma relevante importância ecológica, em função de sua grande diversidade da fauna e flora. No Parque são identificadas várias fitossomias e

adicionalmente são verificadas ainda a ocorrência de espécies exóticas, com destaque para talhões de eucalipto que datam do início do século passado, implantados antes da criação do Parque, associados a matriz florestal. A partir do exposto projeto de pesquisa tem como objetivo fornecer informações sobre a bacia hidrográfica e as modificações nos atributos de solo em área de ecótono (eucalipto – floresta secundária), com vistas a contribuir para a elaboração do plano de manejo do Parque.

Como principais objetivos destacam-se : a) Caracterização fisiográfica das microbacias Trilha dos Trocas e Sete Quedas hidrográfica; b) Avaliar os atributos de solo, serapilheira e da vegetação em um transecto que compreenda as áreas de floresta e os talhões de eucalipto e o possível ecótono existente entre estas, identificando as possíveis modificações e c) Gerar informações que contribuam para uma melhor compreensão dos processos ecológicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bacias Hidrográficas como Unidades de Manejo

As bacias hidrográficas são consideradas unidades de trabalho fundamentais devido aos diferentes aspectos que as caracterizam, principalmente no que diz respeito aos recursos naturais. Nesse contexto são considerados como aspectos para compreender o padrão de uma bacia hidrográfica: a cobertura vegetal presente, o relevo compreendido pela bacia, o tempo de retorno das chuvas, as faces de exposição, a superfície de curvatura, os solos predominantes, a forma da bacia, entre outros.

Para Cardoso et al. (2006) e Silva et al. (2014) a análise desses aspectos envolve características de clima, geomorfologia, solo, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, com o que se pode quantificar os processos hidrológicos da bacia e correlacioná-los com as diferentes variáveis, quantidade e qualidade da água, assim como sua dinâmica.

A caracterização morfométrica é definida como uma análise quantitativa do arranjo dos elementos do modelado superficial que geram sua expressão e configuração espacial: o conjunto das vertentes e canais que compõem o relevo, sendo os valores medidos correspondentes aos atributos desses elementos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica são: área total; perímetro total; coeficiente de compactidade (kc); coeficiente de forma (kf); índice de circularidade (IC); declividade (mínima, média e máxima); coeficiente de rugosidade (CR); amplitude altimétrica altitude (mínima, média e máxima); declividade média do curso d'água principal; comprimento do curso d'água principal; comprimento total dos cursos d'água; densidade de drenagem (Dd); densidade hidrográfica (Dh); ordem dos cursos d'água e índice de rugosidade (Ir). Tais parâmetros são resultados da relação entre esses atributos e o relevo de uma bacia, sendo agrupados em características geométricas, geomorfológicas e rede de drenagem. Segundo Tonello et al. (2005) os geométricos abordam os atributos relacionados às dimensões da bacia; os geomorfológicos tratam do relevo, além de correlacioná-lo à rede de drenagem e à bacia hidrográfica; a rede de drenagem trata somente dos atributos da drenagem.

De acordo com Villela & Mattos (1975) e Souza et al. (2014) as características geométricas são fundamentais na determinação do tempo de concentração da precipitação até o exutório (saída) da sub-bacia, visto que elas determinam a forma superficial, condicionando desta forma, a concentração de água no interior da área.

Os parâmetros supracitados atuam como indicadores físicos, qualificando as alterações ambientais de um determinado local (ALVES & CASTRO, 2003).

2.2. Ecótonos em Fragmentos Florestais

Nas Unidades de Conservação, apesar de toda a proteção imposta as mesmas, por muitas vezes podem ser verificadas áreas transicionais entre diferentes formações florestais, sendo essas áreas denominadas de ecótono, sendo ainda escassos os estudos que avaliam as modificações dos atributos edáficos nesses ambientes.

Segundo Silva Neto et al. (2011), em regiões de ecótono as características químicas do solo apresentam uma ampla variação, resultante da interrelação entre os fatos de formação, cobertura do solo e uso. Os estudos de Pinheiro et al. (2009) realizados em um ecótono savânico-florestal no sudeste Brasileiro, verificaram elevados teores de nutrientes em especial, Ca e Mg e baixos teores de Al nos horizontes superficiais na área de floresta estacional, padrão contrário foi observado na área e savana na qual os solos apresentaram uma baixa saturação por bases.

Por vezes essa feição constitui um fragmento florestal, que pode apresentar-se em

diferente estágio de sucessão. A incidência de radiação solar nas bordas dos fragmentos florestais é consideravelmente maior, na comparação com o interior dos mesmos. Com isto, nas bordas recém-criadas pela fragmentação florestal ocorrem modificações microclimáticas, que se expressam em maiores valores de temperatura do ar e do solo, e menor umidade relativa do ar, quando comparado com o interior dos fragmentos florestais (LIMA-RIBEIRO, 2008). Este padrão, que é denominado de “efeito de borda”, acarreta alterações na estrutura e composição da comunidade arbórea, uma vez que na borda dos fragmentos florestais ocorre uma expressiva mortalidade de indivíduos arbóreos jovens e adultos, em comparação com o interior destes (MALCHOW et al., 2006). Além disto, na comunidade arbórea presente na borda passam a predominar as espécies pioneiras (LIMA-RIBEIRO, 2008) e decíduas (HOLANDA et al., 2010). A partir deste quadro, verifica-se a interrupção de interações mutualísticas entre plantas e animais, incluindo a polinização e dispersão de sementes (FAHRIG, 2003).

2.3. Ciclagem de Nutrientes e Atributos Edáficos em Ambientes Florestais

Outros aspectos do funcionamento ecossistêmico, do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, podem ser modificados no gradiente borda-interior dos fragmentos florestais. Em áreas de Mata Atlântica, as condições microclimáticas mais severas na borda foram capazes de diminuir a diversidade da comunidade de artrópodes do solo, os quais estão envolvidos no processo de decomposição da serapilheira, que se refletiu em um processo mais lento de decomposição da serapilheira, na comparação com o interior florestal (PEREIRA et al., 2013). Neste mesmo bioma, alguns estudos indicaram que a produção de serapilheira foi menor na borda (VIDAL et al., 2007), enquanto que outros estudos demonstraram que não houve diferenças entre a borda e o interior, com relação a esta variável (GOMES et al., 2010).

O efeito de borda sobre a produção de serapilheira depende do tamanho do fragmento florestal, e é mais relevante em fragmentos pequenos, nos quais a produção de serapilheira pode ser maior na borda do que no interior, ao passo que pode não ocorrer diferença entre estes ambientes no caso de fragmentos florestais grandes (PORTELA & SANTOS, 2007). Estes mesmos autores anteriormente citados observaram que o estoque de serapilheira (camada de material orgânico em decomposição dispostosobre a superfície do solo) pode ser maior na borda, ou pode não haver diferenças entre a borda e o interior de áreas de Mata Atlântica, sendo que este resultado não apresentou relação com o tamanho do fragmento florestal (PORTELA & SANTOS, 2007).

No entanto, outro estudo evidenciou que o estoque de serapilheira foi menor na borda, em comparação com o interior de um fragmento de Mata Atlântica (SANTOS et al., 2018). Com relação à fertilidade do solo, os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio podem ser maiores nas bordas de fragmentos florestais, caso estes estejam em contato com áreas de uso agrícola, devido à influência das práticas agrícolas de calagem e adubação mineral, em relação ao interior dos fragmentos (UZÊDA et al., 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Meio Físico

As informações apresentadas a seguir foram extraídas e sintetizadas do Plano de Manejo do Parque Estadual Nova Baden. O Parque Estadual Nova Baden localizado na estância hidromineral de Lambari-MG entre os meridianos 45° 00' e 46° 00' oeste e paralelos 21° 30' e 22° 00' sul, é um local de grande beleza cênica e grande biodiversidade, o Parque insere-se em um grande fragmento remanescente de Mata Atlântica contínua, tendo aos seus limites a serra das águas de Lambari e duas áreas de proteção ambiental a reserva de Santa Clara em Cambuquira-MG e o engenho velho em Campanha-MG (Figura 1).

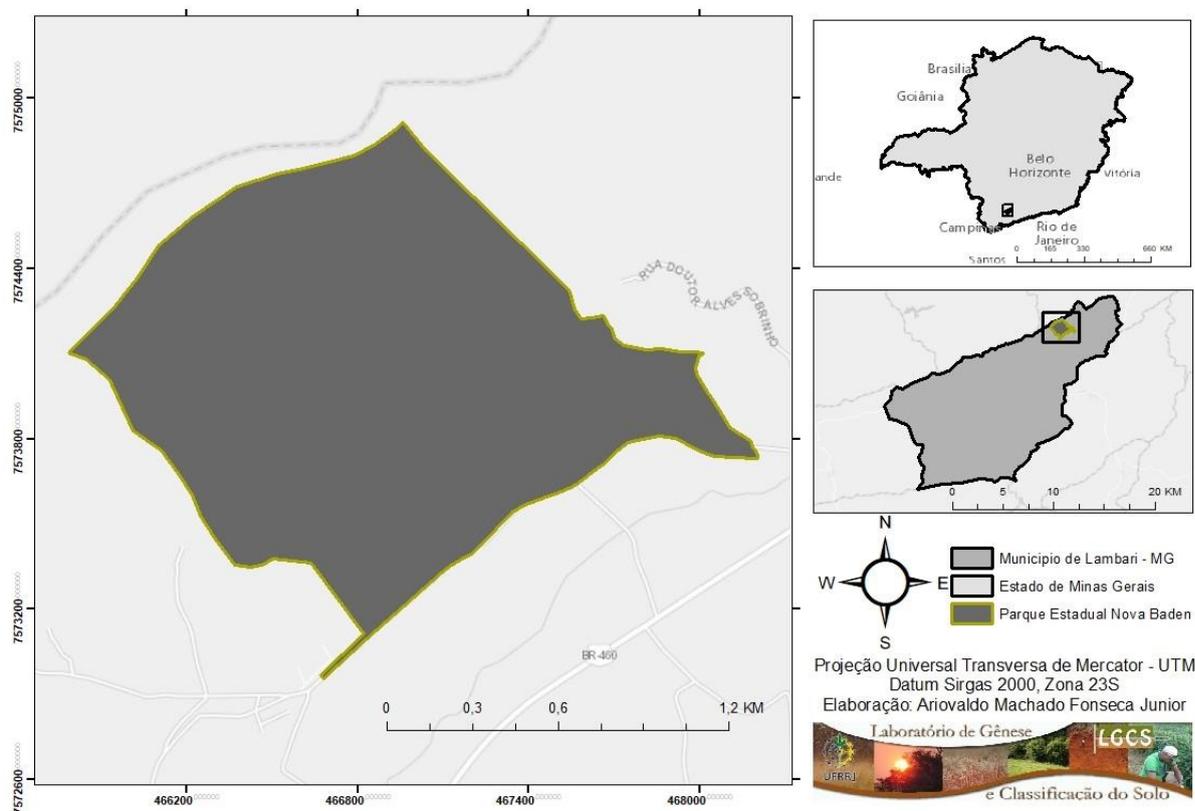


Figura 1. Localização da área de estudos (Parque Estadual Nova Baden, Lambari – MG).

A sede do parque tem seu funcionamento na antiga sede de uma fazenda pertencente a Américo Werneck primeiro prefeito da então cidade de Lambari, visionário para sua época Werneck desenvolveu vários projetos de aproveitamento racional das estâncias hidrominerais da região, sendo que a conservação da fauna e flora da área do Parque atribuída a ele.

O Parque Estadual Nova Baden possui 214,47 ha de área, apesar de pequeno em comparação a outras unidades de conservação de Minas Gerais é de suma importância pois em sua abrangência encontra-se diversos exemplares nativos da fauna e flora da Mata Atlântica relevantes para as próximas gerações, fora isso o mesmo tem uma importante função de recarga hídrica e de conectividade entre vários fragmentos de Mata Atlântica.

Com relação ao clima da região segundo Köppen é tropical de altitude, com boa umidade do ar, e estações do ano bem definidas, a umidade relativa do ar gira em torno de 75% e o número de dias de chuva no ano é superior a 180, com geadas ocasionais, a precipitação

média anual está entre 1.500 a 2.000 mm.

Quanto a geologia, o parque Estadual Nova Baden inserido na serra das águas que foi formado através da implantação do maciço vulcânico alcalino de Poços de Caldas e de corpos de granito a oeste, que deformaram todo o embasamento da borda do Cráton do São Francisco (Escudo Cristalino Atlântico), especialmente a sequência de gnaisses e micaxistos do Grupo Andrelândia. Em decorrência deste processo. Além do Grupo Andrelândia situado na parte superior da Serra das Águas, a partir da ruptura de relevo, também ocorrem as formações: Grupo Carrancas (pCrt), em faixa muito pequena e alongada do terço inferior da escarpa da Serra, coberta por colúvios; gnaisses do Gnaiss Piedade (pCpi), na parte inferior da escarpa da Serra das Águas, em faixa estreita e alongada; e Complexo Amparo (pCap), correspondente ao embasamento arqueano, nas partes baixas da paisagem, coincidentes com os vales ao pé da escarpa. O Parque possui grande extensão em escarpa erosiva, de frente dissecada de bloco falhado, com direção predominante de NE-SW e ravinada conforme fraturas de direção ortogonal (NW -SE), que formam grandes anfiteatros de erosão, onde se encaixam rios que descem a escarpa. A montante da escarpa domina rochas cristalinas como migmatitos e gnaisses, cujo manto de intemperismo é espesso o suficiente para promover uma recarga hídrica eficiente que mantém os cursos de água perenes em toda a escarpa. No topo, ocorrem geofomas mais convexizadas, em notável contraste fisiográfico com os domínios escarpados em que afluem gnaisses e rochas xistosas.

A drenagem do PENB mostra-se fortemente encaixada, correndo diretamente sobre a rocha sendo comum a ocorrência de cachoeiras com elevado valor cênico e recreativo. O conjunto das formas de relevo existentes na área estudada possibilitou a separação de cinco unidades geomorfológicas descritas a seguir e representadas no mapa geomorfológico que acompanha este documento. Os topos e encostas altas correspondem às áreas dos divisores hidrográficos mais elevados do Parque (alcançando 1.280 m de altitude), com 3,5% da área total. Possuem configuração simétrica, com continuidade em direção a Cambuquira, com tendência a formar um alinhamento quase contínuo de blocos falhados, orientados segundo a direção dominante NE-SW. O relevo possui aspecto montanhoso e escarpado, com drenagem fortemente controlada pela estrutura. Toda a unidade é realçada pela dissecação adaptada à estrutura, explorando as linhas de fraquezas litológicas e falhas, escavando drenagens em vales altimontanos profundos, estruturalmente orientados. As altitudes variam de 1.300 a mais 1.900m. Nos topos elevados e mais extensos existem verdadeiros vales soerguidos, com paisagem de feições convexizadas, na área predominam as ordens dos Latossolos e Cambissolos.

As classes de solos encontrados na área variam de Latossolos Vermelho Amarelo, nos terços médios a superior das elevações, na porção mais baixa da encosta predominam os Latossolos com horizonte superficial A húmico, já nas baixadas ocorrem os Gleissolos (solos hidromórficos), os quais formam a planície, também são verificados nas áreas de relevo montanhoso Cambissolos Háplicos.

A hidrografia possui uma rede de drenagem com rios encaixados e encachoeirados, sendo uma importante área de nascentes do Ribeirão dos Melo. As águas desse ribeirão após análise laboratorial atendem as recomendações estabelecidas pelo CONAMA nº 357/2005, tais como: oxigênio dissolvido, pH, temperatura, DBO, teores de nitrato, condutividade elétrica, presença de cloretos, óleos e graxas, sólidos totais adequados, indicando que a mesam pode ser indicada para recreação com contato primário e secundário.

A vegetação do local possui grande riqueza de espécies distribuídas nas seguintes fitossionomias a seguir.

3.1.1. Floresta semidecidual montana

Recobre a maior parte da baixa e média encosta do PENB, essa formação pode ser subdividida devido a introdução de Eucaliptos sp indivíduos exóticos datada desde a época de Américo Werneck, e também a presença de Araucária Angustifolia em meio a floresta em sucessão secundária.

3.1.2. Floresta estacional semidecidual aluvial com euterpe edulis

Localizada a margem de um curso d'água sob influência do ambiente mais úmido determinado pelo relevo encaixado e pela proximidade com a rede de drenagem, observa-se a presença da palmeira Juçara *Euterpe edulis* e nas partes mais altas xaxim, *Cyathea delgadii*, bem como líquens e briófitas

3.1.3. Floresta estacional semidecidual alto-montana

Localizada nas partes mais alta, acima de 1200m de altitude o que impõe ao ambiente características próprias não encontradas nas outras áreas, dentre as espécies encontradas nesse tipo fitofisionomia do Parque Estadual Nova Baden destaca-se Guaperê *Lamanonia ternata*, capororoca *Myrsine umbellata*, pixirica-do-rio *Miconia chartacea*, quaresmão *Miconia cinnamomifolia*, tamanqueira *Pera glabrata* e jangada *Alchornea triplinervea* indicadores de floresta de altitude.

3.1.4. Campo brejoso de *Hedychium coronarium*

Recebe esse nome devido ao predomínio da espécie Lírio-do-Brejo *Hedychium coronarium*, o solo inundado devido à forte influência do lençol freático e de um dreno da água da cachoeira sete quedas impedi a presença de vegetação arbórea na área.

O levantamento fito-Florístico do Parque estadual Nova Baden contabilizou 105 espécies vegetais distribuídas nas diferentes fitofisionomias sendo as mais representativas as seguintes famílias: Leguminosae (13), Myrtaceae (11), Lauraceae (7), Euphorbiaceae e Melastomataceae (6), Rubiaceae e Polypodiaceae (5) e Annonaceae, Flacourtiaceae, Meliaceae, Piperaceae e Sapindaceae.

3.2. Identificação das Espécies Vegetais

O levantamento florístico teve como objetivo identificar a totalidade das espécies ocorrentes nas áreas selecionadas, apresentando de maneira precisa a riqueza florística das mesmas. O método utilizado foi o do caminhamento (FILGUEIRAS et. al, 1994), que consiste em percorrer toda a área de estudo, caracterizando as fitofisionomias e identificando e coletando as espécies encontradas. As espécies foram determinadas através de guias de identificação, além de trabalhos de taxonomia, como dissertações e teses e publicações em periódicos científicos. Todas as espécies encontradas foram coletadas e depositadas no Herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como material testemunho. As espécies foram herborizadas seguindo os métodos designados no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1992).

3.3. Caracterização Morfométrica das Microbacias Hidrográficas

Para a realização desse estudo foram selecionadas duas microbacias hidrográficas a

saber: microbacia Sete Quedas e microbacia Trilha dos Troncos (Figura 2). A seleção das microbacias deve-se a sua relevância para a dinâmica hídrica no PENB.

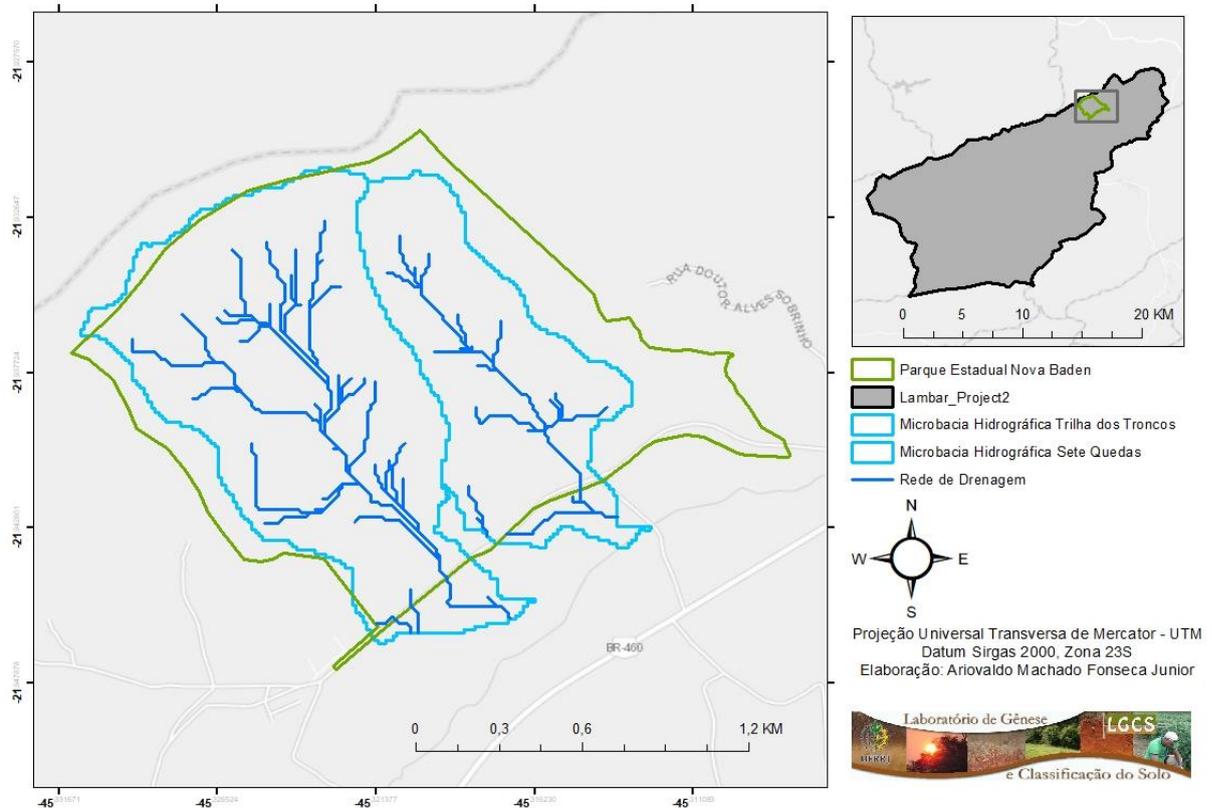


Figura 2. Microbacias Hidrográficas do Parque Estadual Nova Baden.

A caracterização morfométrica foi realizada sobre o Modelo Digital de Elevação utilizando o software ArcGis 10.1 e com o uso de bases fundamentadas. As características morfométricas foram divididas em características geométricas (área total, perímetro total, fator de forma, coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (IC)), do relevo (altitude mínima e máxima, altitude média e a declividade) e da rede de drenagem (comprimento do curso d'água principal, comprimento total dos cursos d'água, densidade de drenagem (Dd), ordem dos cursos e a densidade hidrográfica (Dh)). A área e o perímetro total da bacia foram determinados através do software ArcGis 10.1. O fator forma (Kf), o coeficiente de compacidade (Kc) e o índice de circularidade (IC) foram determinadas com base em Christofletti (1969, 1974) e Rocha & Kurts (2001). Sendo encontrados com as seguintes equações:

O Kf é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento do eixo da bacia (L) (da foz ao ponto mais longínquo da área). O Kf será determinado pela seguinte equação:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Em que:

Kf – Fator forma;

L – Comprimento do eixo da bacia, em m;

A – Área de bacia, em m².

O Kc é a relação entre o perímetro da bacia (P) e a raiz da área da bacia (A). O Kc foi determinado pela seguinte equação:

$$Kc=0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Em que:

Kc – Coeficiente de conformidade;

P – Perímetro da bacia, em m;

A – Área da bacia, em m².

O índice de circularidade (Ic), simultaneamente ao coeficiente de compacidade, tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. O IC será determinado pela seguinte equação:

$$IC=12,57 * \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Em que:

IC – Índice de circularidade;

P – Perímetro da bacia em m;

A – Área da bacia em m².

As características do relevo, o comprimento do curso d'água principal e o comprimento total dos cursos d'água foram determinadas por meio do uso do software ArcGis 10.1.

A densidade de drenagem (Dd) disponibiliza uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total (Tabela 1). É uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem (CARDOSO et al., 2006). A Dd será determinada pela seguinte equação:

$$Dd= \frac{\sum L}{A} \quad (4)$$

Em que:

Dd – Densidade de drenagem, em km/km;

$\sum L$ – Comprimento total dos cursos d'água bacia, em km;

A – Área da bacia, em km.

Tabela 1. Classificação da Dd de bacias hidrográficas.

Dd (km/km ²)	Classificação da drenagem
<0,5	Pobre
0,5-1,5	Regular
1,5-2,5	Boa
2,5-3,5	Muito boa
>3,5	Excepcionalmente bem drenada

A densidade hidrográfica (Dh) é a relação entre o número de cursos d'água e a área de uma bacia hidrográfica (Tabela 2) e será determinada se baseando em Christofolletti (1970):

$$Dh = \frac{N^{\circ} \text{ de cursos d'água}}{A} \quad (5)$$

Em que:

A – Área da bacia em km².

Tabela 2. Classificação da Dh de bacias hidrográficas.

Dh (canais/km ²)	Classificação
<3	Baixa
3-7	Média
7-15	Alta
>15	Muito alta

3.4. Avaliação dos Atributos do Solo e Serapilheira

3.4.1. Ambientes selecionados

Para a avaliação das possíveis modificações dos atributos físicos e aporte de serapilheira, foram selecionadas três áreas a saber:

3.4.2. Povoamento de eucaliptos (EUC)

Possui aproximadamente 100 anos de idade, sendo formado por duas espécies de eucaliptos, o *Eucalyptus robusta* Sm. (Myrtaceae) e, em menor proporção, o *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (Myrtaceae), apresentando este um dossel com uma altura média estimada em torno de 15 a 25 metros (Figura 3).



Figura 3. Visão interna da área de povoamento de eucalipto. Fonte: Marcos Gervasio Pereira

3.4.3. Fragmento florestal nativo (F)

Classificado como uma Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012) devido a presença de indivíduos espaçados de *Araucaria angustifolia* (Figura 4).

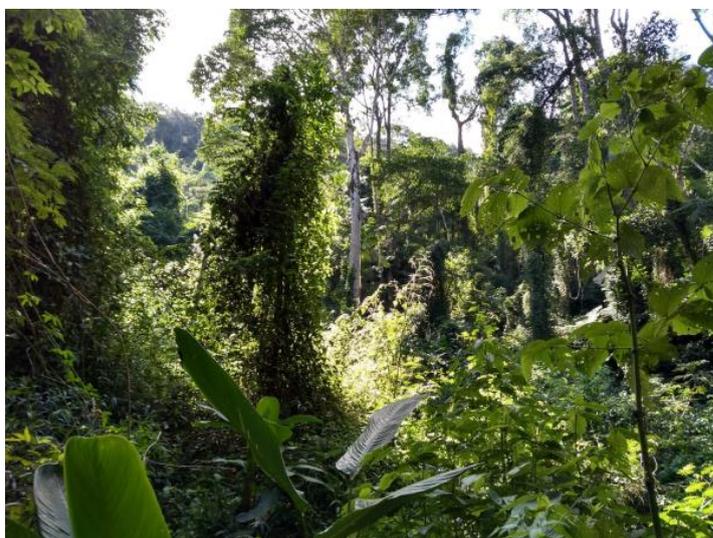


Figura 4. Visão interna da área do fragmento florestal. Fonte: Marcos Gervasio Pereira

3.4.4. Área de ecótono

Área em que se observa a presença de eucalipto e floresta secundária (Figura 5).



Figura 5. Visão interna da área de ecótono. Fonte: Marcos Gervasio Pereira

3.5. Amostragem

Para a avaliação da variação dos atributos do solo e da serapilheira, em cada uma das áreas foi estabelecido um transecto de 50 m, sendo coletadas deformadas e a cada 10 m cinco amostras compostas formadas a partir de 5 simples nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, perfazendo um total de dez amostras compostas por área (Figura 6).



Figura 6. Coleta de amostras de terra para avaliação da fertilidade do solo no interior da área de eucalipto.

Em cada uma das áreas também foram coletados torrões na profundidade de 0-10 para avaliação da estabilidade dos agregados. Nessa profundidade também foram coletadas amostras

para a determinação da densidade do solo (Ds) com auxílio de um anel de Kopeck. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados, para secarem ao ar, sobre bancada de laboratório.

Para a avaliação do estoque de serapilheira, em cada área foi lançado aleatoriamente três vezes, em cada faixa, um coletor de metal com área útil de $0,0625\text{m}^2$ sendo realizada a coleta da serapilheira dentro da área do gabarito (Figura 7).



Figura 7. Coleta de serapilheira na área de ecótono.

3.6. Processamento no Laboratório

a) Análise de fertilidade, carbono orgânico e glomalina

Nas amostras deformadas, o material foi destorroado e passado por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA) material que foi utilizado para a realização das análises. Nas amostras foram realizadas as seguintes análises: a) pH em água na relação 1:2,5 (solo:água); b) Ca, Mg, Al trocáveis extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, analisados por titulometria; c) P, K e Na extraídos pelo extrator Mehlich-1 e analisados por colorimetria (P) e fotometria de chama (K e Na). Os teores de carbono orgânico (COT), foram determinados segundo (YEOMANS & BREMNER, 1988). Quanto as análises físicas, foi realizada a avaliação da textura (frações areia, silte e argila). Para a avaliação da densidade do solo (Ds), a amostra foi seca em estufa, 24 horas na temperatura de 105-110 C, para posterior cálculo do valor desse atributo. Os métodos utilizado para a realização dase encontram descritos em Teixeira et al. (2017).

A partir dos valores de COT, Ds e espessura da camada amostrada (e) em cm calculou-se o estoque de carbono total (Estc) a partir da seguinte equação: $\text{Estc} = (\text{COT} \times \text{Ds} \times e)/10$, Os resultados foram submetidos a análises estatística com o emprego do pacote estatístico SISVAR da Universidade Federal de Lavras.

Para a avaliação da estabilidade dos agregados representada pelo diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados foram utilizados os métodos do peneiramento via úmida (vu) e via seca (vs) (TEIXEIRA et al. 2017).

Quanto a serapilheira, o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar ($65 \text{ }^\circ\text{C}$, 72 h), a massa de matéria seca do estoque foi pesada em balança analítica com precisão de duas casas decimais. Nas áreas de eucalipto e ecótono foi também realizada a identificação e separação das folhas de eucalipto para avaliar a sua contribuição no aporte total de serapilheira.

A homogeneidade da variância dos resultados para os atributos químicos do solo, físicos, da matéria orgânica e do estoque de serapilheira foram avaliados pelo teste de Levene ($p < 0,05$). Quando esta premissa foi atendida, as médias foram comparadas pelo teste paramétrico t de Bonferroni a 5%, utilizando-se o programa Sisvar. Os resultados foram submetidos a análises estatísticas com o emprego do pacote estatístico SISVAR da Universidade Federal de Lavras.

Foram empregadas, ainda, técnicas de análise multivariada, especificamente a análise de componentes principais e de agrupamento, para distinção do padrão dos atributos do solo nos diferentes sistemas. Estas análises foram realizadas com o auxílio do programa Past.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Classificação da Vegetação

O povoamento de eucaliptos (EUC) possui aproximadamente 100 anos de idade, sendo formado por duas espécies de eucaliptos: o *Eucalyptus robusta* Sm. (Myrtaceae) e, em menor proporção, o *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (Myrtaceae), apresentando este um dossel com uma altura média estimada em torno de 15 a 25 metros (Figura 8).



Figura 8. (a). *Eucalyptus robusta* Sm. (Myrtaceae) (b). *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (Myrtaceae).

Na área de eucalipto foi verificada a presença em menor proporção espécies nativas de grande porte como a *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). Já no estrato intermediário se verificou a presença de espécies arbóreas tardias com altura média entre 3 a 15 metros (Tabela 3.) foi observado também lianas compõem o estrato inferior ou herbáceo do eucaliptal, com uma altura média estimada de 0,5 a 1,5 metros. É possível observar uma alta densidade de epífitas no eucaliptal, principalmente da família Bromeliaceae além de diversas espécies de briófitas, líquens e fungos nos troncos das árvores.

É importante destacar a ocorrência de espécies nativas em meio a um plantio antigo de eucalipto (\pm 100 anos), essa observação vem em confronto com a alegação que os plantios florestais são desertos verdes, como observado por Viani et al. (2010), neste estudo analisando diversas pesquisas o autor verificou que em plantios florestais é observada uma rica biodiversidade no sub-bosque.

Tabela 3. Classificação da vegetação área de eucalipto.

Espécie	Nome popular	Família	Classificação ecológica
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	Meliaceae	Secundária inicial a tardia
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucaria	Araucariaceae	Secundária
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Juçara	Areaceae	Secundária inicial a tardia
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Tapiá	Euphorbiaceae	Secundária Inicial
<i>Croton floribundus</i> Spreng	Capixingui	Euphorbiaceae	Pioneira a Secundária Inicial
<i>Allophylus edulis</i> A.St.-Hil., A. Juss. & Cambess. Hieron. exNiederl.	Argentina	Sapindaceae	Secundaria inicial
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboata-da-folha-grande	Sapindaceae	Secundaria inicial
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Café-do-mato	Rubiaceae	Secundaria tardia
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-porca	Rutaceae	Pioneira
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	Cortiça	Annonaceae	Secundaria inicial a tardia
<i>Piper</i> spp		Piperaceae	
<i>Goeppertia</i> spp.		Marantaceae	



Figura 9. *Euterpe edulis* Mart (Areaceae) (a); *Psychotria vellosiana* Benth. (Rubiaceae) (b); *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) (c); *Xylopia brasiliensis* Spreng. (Annonaceae) (d); *Piper* spp. (Piperaceae) (e); *Cyathea* sp. (Cyatheaceae) (f).

O Fragmento Florestal Nativo (F) é classificado como uma Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012) devido a presença de indivíduos espaçados de *Araucaria angustifolia*. Este fragmento apresenta três estratos distintos de vegetação. No estrato superior da floresta são observados indivíduos arbóreos com altura variando entre 15 e 25 metros, com árvores emergentes de até 30 metros (Tabela 4). É possível observar uma alta densidade de epífitas neste fragmento, principalmente da família Bromeliaceae além de diversas espécies de briófitas, líquens e fungos nos troncos das árvores.

Tabela 4. Classificação da vegetação área de floresta.

	Espécie	Nome popular	Família	Classificação ecológica
Estrato superior	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	Lecythidaceae	Secundária tardia
	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	<i>araucaria</i>	Araucariaceae	Secundária
Estrato intermediário	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	aroeira	Areacaceae	Secundária inicial a tardia
	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	Meliaceae	Secundária Inicial
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth	guaximbé	Fabaceae	Pioneira a Secundária Inicial
	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	embaúba-prateada	Urticaceae	Pioneira
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr	pau-jacaré	Fabaceae	Pioneira
	<i>Erythrina</i> sp L.		Fabaceae	
Sub-bosque	<i>Piper</i> spp		Piperaceae	
	<i>Sanchezia</i> sp		Acanthaceae	
	<i>Cyathea</i> sp		Cyatheaceae	

**Figura 10.** *Sanchezia* sp. (Acanthaceae).

Já no ambiente transicional (ECO) verificou-se tanto a composição de espécies nativas quanto a estrutura da vegetação são semelhantes a área do povoamento de eucalipto antigo. Entretanto, foi notado algumas espécies arbóreas nativas não observadas nas outras áreas de estudo como *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae) e *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. (Melastomataceae). Também foi observada indivíduos regenerantes de café (*Coffea arabica* L.-Rubiaceae) no interior do fragmento. A presença de *E. robusta* e *C. citriodora* se estabelecem com menor densidade em relação a área de Eucaliptal.

4.2. Bacias Hidrográficas

As principais características das microbacias são apresentadas na Tabela 5. A microbacia Sete Quedas apresentou área total de 1,19 km² e perímetro de 6,75 km, já Na microbacia Trilha dos Troncos observou-se uma área total de 0,64 km km² e perímetro de 5,20

km (Tabela 5). Rodrigues et al. (2016) analisando a bacia hidrográfica do Igarapé da Prata-Pará, observaram um padrão distinto do verificado nesse estudo, quantificado valores de 115,283 km² e 70,151 km, para a área e perímetro, respectivamente. As dimensões de uma bacia hidrográfica, juntamente com os atributos morfométricos são responsáveis pela dinâmica em seu interior. Os autores CECÍLIO et al. (2013) afirmam que quanto maior for a área, maior será a demanda de tempo para que os canais hidrográficos contribuam conjuntamente para a drenagem da área, diminuindo assim o potencial de susceptibilidade a enchentes.

Os valores encontrados para o Kc, Kf e IC, foram respectivamente: 1,73; 0,15 e 0,33 para a microbacia Sete Quedas e 1,82; 0,12 e 0,29 para a microbacia Trilha dos Troncos. Tais valores classificam o formato da sub-bacia em alongado, o que pode ser verificado na Figura 10. O presente formato facilita o escoamento da água (TORRES et al., 2011), e consequentemente diminuição da suscetibilidade a inundações em condições normais de precipitação (CARDOSO et al., 2006).

Tabela 5. Principais características morfométricas das microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).

Microbacia	Área (km ²)	Perímetro (km)	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Forma (Kf)	Índice de circularidade (IC)	Densidade de drenagem (Dd)
Sete Quedas	1,19	6,75	1,73	0,15	0,33	1,84
Trilha dos troncos	0,64	5,20	1,82	0,12	0,29	2,06

Esse padrão também foi observado por Tonello et al. (2006) estudando a morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas em Guanhões/MG e ROCHA et al. (2014) analisando a bacia hidrográfica sub-bacia do rio ribeirão Santana – Rio Pardo de Minas/MG. Os autores verificaram em seus estudos que a existência de uma forma mais alongada e irregular contribui positivamente para que haja a ocorrência de enchentes.

Quanto a densidade de drenagem (Dd) esta foi de 1,84 km.km⁻² para a microbacia Sete Quedas e 2,06 km.km⁻² para a microbacia Trilha dos Troncos. A Dd influencia na dinâmica do solo e consequentemente na susceptibilidade à erosão (MILANI & CANALI, 2000). Estudando a morfometria e qualidade da água da microbacia do córrego do Sapicado, afluente do rio Uberaba-MG, Vieira et al. (2012) verificaram o valor de 1,49 km.km⁻² para a Dd, classificando a drenagem como regular.

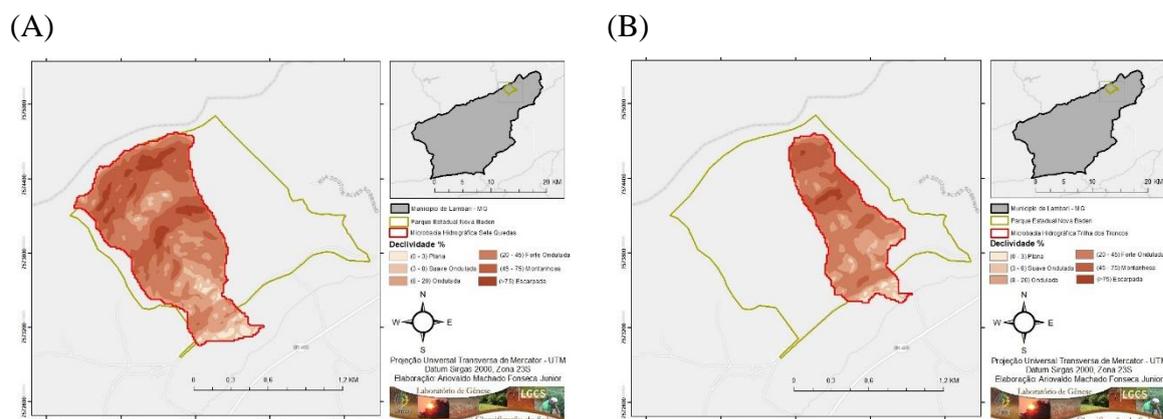


Figura 11. Caracterização da declividade das microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos.

A condição de declividade de uma microbacia hidrográfica é um dos principais fatores condicionantes ao processo erosivo, áreas com maior declividade tendem também a apresentar uma menor aptidão agrícola para culturas anuais, devida a maior dificuldade operacional e a limitação pela legislação florestal (Lei 12.651 de maio de 2012). Nas microbacias Trilha dos Troncos e Sete Quedas, é possível observar uma grande parcela da área total ($\pm 70\%$) com um alto grau de declividade (Tabela 6), a condição de declividade favoreceu a preservação da cobertura vegetal original ao longo dos anos. Em um estudo sobre estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água, ROSA et al. (2014), observaram a presença de floresta em estágio médio e avançado de regeneração conforme o aumento da declividade na microbacia do Ribeirão Murundu. As condições de declividade também influenciam na incidência da radiação solar, escoamento superficial e a infiltração de água no solo (SCHIMIDT et al., 2003; SANTOS et al., 2017).

Tabela 6. Área percentual das classes de declividade nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).

Microbacia	Plana	Suave Ondulada	Ondulada	Forte Ondulada	Montanhosa	Escarpada
Trilha dos Troncos	2,02	7,67	19,43	46,60	22,10	2,19
Sete quedas	2,21	7,25	19,46	37,97	27,03	6,08

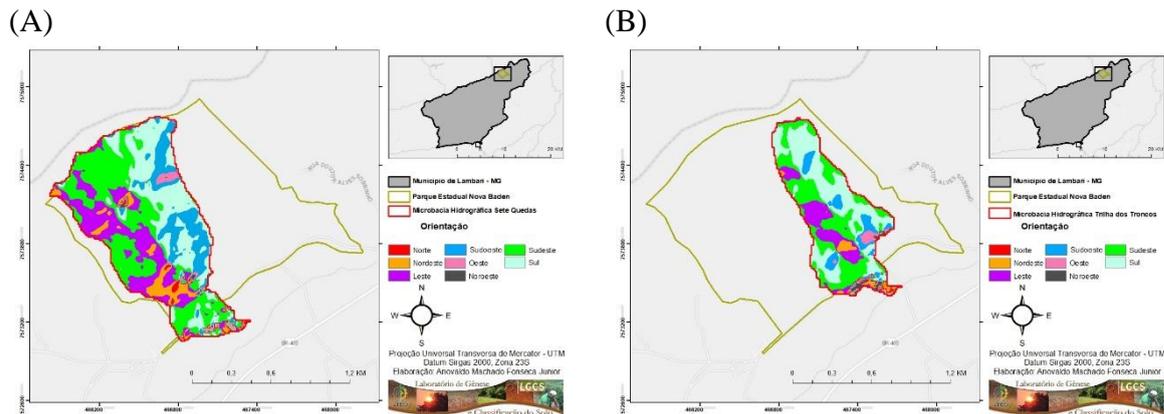


Figura 12. Orientação das vertentes das microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos.

As microbacias Trilha dos Troncos e Sete Quedas possuem um maior percentual das vertentes voltadas para a orientação Sul e Sudeste, 71,14% e 58,73% respectivamente (Tabela 7). As condições microclimáticas proporcionadas pela orientação das vertentes (Sul e Sudeste) em função da menor incidência da radiação solar, contribuem positivamente para presença da cobertura vegetal nessas vertentes, uma vez que há uma maior disponibilidade de água e de atributos ambientais favoráveis a instalação de diversas espécies vegetais. Em um trabalho sobre orientação de vertentes Mello (1999), observou que aproximadamente 33,7% das áreas de Mata ocorrem nas vertentes Sul, enquanto apenas 7,5 sobre as vertentes Norte.

Tabela 7. Área percentual % das orientações das vertentes nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).

Microbacia	Norte	Nordeste	Leste	Sudoeste	Oeste	Sudeste	Noroeste	Sul
Trilha dos Troncos	1,14	2,87	13,75	7,74	2,16	33,25	1,2	37,89
Sete quedas	1,26	5,51	19,61	13,14	1,42	32,63	0,33	26,10

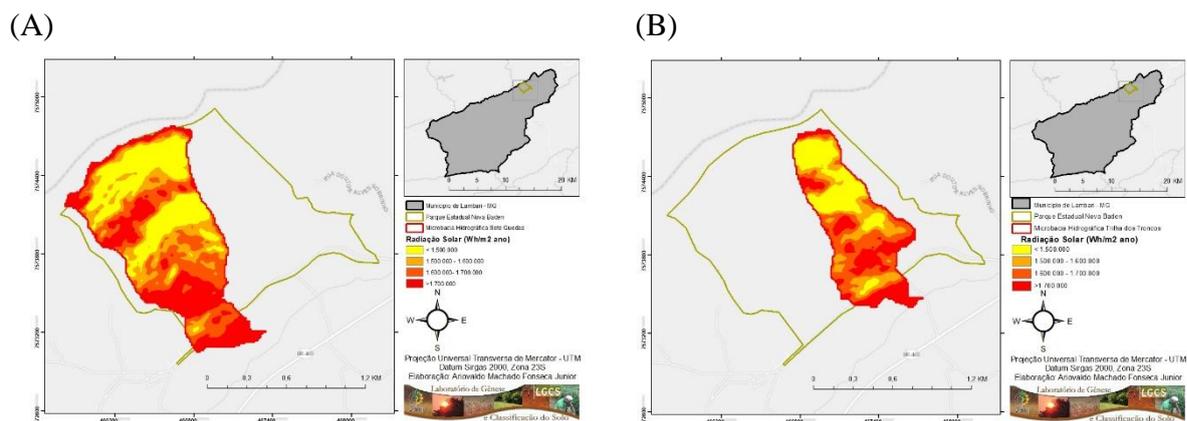


Figura 13. Distribuição da radiação solar nas microbacias hidrográficas. (A) Microbacia Sete Quedas; (B) Microbacia Trilha dos Troncos.

Na microbacia Sete Quedas, 29,43 % da área recebe radiação < 1.500.000 Watts, 26,16% da área recebe > 1.700.000 Watts, 25,23% da área recebe entre 1.600.000 e 1.700.000 Watts e 19,17% da área recebe entre 1.500.000 e 1.600.000 Watts. Já na microbacia Trilhas dos Troncos 28,14% da área recebe entre 1.600.000 e 1.700.000 Watts, 27,55% da área recebe < 1.500.000 Watts, 23,84 % da área recebe > 1.700.000 Watts e 20,48% da área recebe entre

1.500.000 e 1.600.000 Watts. Segundo Santos et al. (2017) a variação da incidência de radiação numa microbacia hidrográfica leva a formação de diferentes microclimas, que influenciam diretamente na dinâmica e funcionamento de um ecossistema.

Tabela 8. Área percentual % dos valores Radiação solar (Wh/m^2) nas microbacias Sete Quedas e Trilha dos Troncos, Lambari (MG).

Microbacia	<1500000	1500000-1600000	1600000- 1700000	>1700000
Trilha dos Troncos	29,43	19,17	25,23	26,16
Sete quedas	27,55	20,48	28,14	23,84

4.3. Estoque de Serapilheira

Os valores de estoque de serapilheira são apresentados na Tabela 9. Os maiores valores foram quantificados na área de ecótono e eucalipto, não sendo verificadas diferenças entre estas. Os menores valores foram observados na área de floresta. Adicionalmente foi feita a estratificação das folhas de eucalipto nas áreas de eucalipto e de ecótono, observou-se que na área de eucalipto a contribuição das folhas dessa espécie no aporte total foi de 14,15% enquanto na área de ecótono de 5,66%.

Tabela 9. Valores de estoque de serapilheira nas diferentes áreas de estudo.

Área	Serapilheira (kg ha^{-1})
Eucalipto	21,67 a
Ecótono	24,89 a
Floresta	17,33 b

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo Teste t de Bonferroni a 5%.

4.4. Granulometria, Densidade do solo (Ds), Diâmetro Médio Ponderado dos Agregados Via Seca (DMPvs) e Via Úmida (DMPvu)

Quanto a composição granulométrica na camada de 0-10 cm verifica-se em todas as áreas a classe textural franco argilo-arenosa, sendo os teores de argila 242, 399 e 298 g kg^{-1} para as áreas de floresta, ecótono e eucalipto, respectivamente. Para a camada de 10-20 cm, os teores de argila variaram entre 264, 406 e 294 g kg^{-1} para as áreas de floresta, ecótono e eucalipto, respectivamente. Para as áreas de floresta e eucalipto foi observada a mesma classe textural identificada na camada de 0-10 cm, franco argilo-arenosa; já para a área de ecótono a classe textural foi a argiloarenosa.

Os valores de Ds apresentaram uma amplitude de variação de 0,87 a 1,03 Mg m^3 , sendo o maior valor observado na área F e o menor valor na área de EU, valor intermediário (0,94 Mg m^{-3}) foi verificado para a área (EC). Os valores quantificados foram inferiores aos observados por Sattler (2006) que avaliou a Ds em uma área de vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim. Em todas as áreas os valores de Ds podem ser considerados baixos em função da pequena ação antrópica observada nas áreas do PENB.

Tabela 10. Valores de densidade do solo nas diferentes áreas de estudo.

Área	Densidade do solo	DMPvs	DMPvu
	(Mg m ⁻³)		(mm)
Eucalipto	0,87 a	4,58 b	4,08 a
Ecótono	0,94 ab	4,62 b	4,38 a
Floresta	1,03 b	4,83 a	4,35 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo Teste t de Bonferroni a 5%.

Para o DMPvs verificou-se diferença estatística entre as áreas, sendo observado valor mais elevado na área de eucalipto. O DMPvu, por outro lado, não variou significativamente entre as áreas (Tabela 10). De acordo com alguns autores (HICKMANN et al., 2011), a estabilidade de agregados está diretamente relacionada ao teor de carbono orgânico do solo. No presente estudo, embora na área de ecótono tenham sido observados os menores teores de COT em relação ao eucalipto, quando a estabilidade de agregados foi avaliada pelo índice DMPvu não foi verificada diferença entre essas áreas. E quando houve diferença estatística, como no caso do DMPvs, a magnitude de variação entre as áreas em relação aos valores desta variável foi baixa.

4.5. Fertilidade do Solo

Quanto aos teores de Ca e Mg foi possível observar que os maiores valores médios para as duas profundidades ocorreram na área F, sendo estes 7,03 (0-10 cm) e 4,51 cmolc kg⁻¹ (10-20 cm), porém apenas para a profundidade de 10 a 20 cm foi verificada diferença significativa entre as áreas, o mesmo padrão também foi observado para os valores de Ca, sendo os maiores valores médios, quantificados nas 2 profundidades, observados na área de F, 4,69 (0-10 cm) e 1,49 cmolc kg⁻¹ (10-20 cm). Os valores quantificados de Ca nesse estudo foram maiores quando comparados aos verificados em um estudo realizado por Britez et al. (1997), onde os autores compararam os nutrientes do solo de duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel em Paranaguá-PR. Já para os teores de Al, os maiores valores foram observados na área EU onde estes chegaram a ser o dobro dos quantificados na área F.

Seguindo o mesmo padrão observado para os teores de Ca e Mg, para o K os maiores valores médios também foram verificados na área F em ambas profundidades 0,20 (0-10 cm) e 0,13 cmolc kg⁻¹ (10-20cm), sendo possível observar diferença significativa entre as áreas. Para esse nutriente os maiores valores foram quantificados na área de F seguida pela E nas duas profundidades. Com relação aos teores de P, esses foram baixos, sendo os maiores valores médios observadas foram na área E; 4,0 (0-10 cm) e 1,0 mg kg⁻¹ (10-20 cm). Para o P também foi verificada diferença significativa nas duas profundidades não havendo diferença significativa entre as áreas EU e F e desta com a ECO. Em um estudo em que avaliaram a ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense, Zaia & Gama-Rodrigues (2004) observaram menores valores do teor de P para profundidade de 0-10 cm e valores superiores na profundidade de 10-20 cm, quando comparados aos observados nesse estudo.

Tabela 11. Valores de estoque de carbono orgânico nas diferentes áreas de estudo.

Área	pH (H ₂ O)	Ca	Ca+Mg	Al	K	Na	Valor S	P
		Cmolc kg ⁻¹						mg kg ⁻¹
0-10 cm								
Eucalipto	5,32 a	2,44 b	4,30 ab	1,47 a	0,14 b	0,085 a	4,73 ab	3,78 a
Ecótono	4,95 a	2,12 b	3,20 b	0,91 a	0,12 b	0,078 b	3,60 b	2,02 b
Floresta	5,36 a	4,69 a	5,55 a	0,73 a	0,20 a	0,078 b	7,30 a	3,40 a
10-20 cm								
Eucalipto	4,57 a	0,52 ab	1,18 ab	2,53 a	0,10 a	0,083 a	1,36 ab	0,87 a
Ecótono	4,16 a	0,16 b	0,66 b	1,17 b	0,09 a	0,077 b	0,83 b	0,26 b
Floresta	3,74 b	1,49 a	2,59 a	1,33 b	0,13 a	0,077 b	2,79 a	0,63 ab

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo Teste t de Bonferroni a 5%.

4.6. Teores e Estoque de Carbono Orgânico

Quanto aos valores de COT estes variaram de 34,25 a 44, 67 g kg⁻¹ na camada superficial (0-10 cm) e de 18, 53 a 28,09 g kg⁻¹ na camada subsuperficial (10-20 cm). Os maiores valores de COT foram verificados na área de EU não havendo diferenças entre as áreas EC e F, sendo esse padrão também observado para a camada subsuperficial (10-20 cm).

O padrão verificado nesse estudo difere do observado por Denardin et al. (2014) estudando o estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC, em que os autores quantificaram maiores valores de COT nas áreas de mata em comparação à área de plantio de eucalipto. Uma possível explicação para a diferença seria que no estudo de Denardin et al. (2014) a área de eucalipto apresentava apenas 8 anos de instalação enquanto nesse estudo o plantio de eucalipto conta com mais de 50 anos. Outro fator para o padrão de maiores valores de COT na área de EU deve-se a posição na paisagem onde esta área localiza-se. A área de EU situa-se numa posição de parte baixa de paisagem fazendo com que a água que converge das partes mais altas permaneça por mais tempo favorecendo um ambiente que retarda a decomposição da matéria orgânica, promovendo o seu acúmulo. Avaliando os teores COT do solo em diferentes pontos na paisagem, em área de floresta e ecótono floresta-bordacampo, no sul do Estado do Amazonas, Vidotto et al. (2007) observaram que os pontos que localizavam-se em depressões apresentaram altos teores de COT e à medida em que se afastou desses pontos, à montante, os valores diminuíram. Os autores atribuíram tal padrão ao acúmulo e preservação da matéria orgânica nas depressões em função do desnível altimétrico e inundação do local durante os períodos chuvosos. O teor de COT depende, essencialmente, do aporte de C e do processo de decomposição/mineralização da MOS.

Em contrapartida as áreas EC e F localizam-se em pontos da paisagem de maior declividade, favorecendo o fluxo de água e conseqüentemente acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica.

Quanto os valores de Estc, esses foram determinados somente para a camada superficial (0-10 cm) variando entre 32,11 a 39,07 Mg ha⁻¹, sendo os maiores valores de Estc quantificados na área F sem diferença significativa para a área de ecótono. Os valores de Estc determinados para a área F se aproximam daqueles quantificados por Denardin et al. (2014) em que os autores quantificaram um valor aproximado de 32,02Mg ha⁻¹ para os primeiros 10 cm de profundidade.

Tabela 12. Valores de estoque de carbono orgânico nas diferentes áreas de estudo.

Área	COT (g kg^{-1})	Estoque de carbono (Mg m^{-3})
0-10 (cm)		
Eucalipto	44,67 a	32,11 b
Ecótono	34,25 b	38,88 a
Floresta	38,06 b	39,07 a
10-20 (cm)		
Eucalipto	28,08 a	32,11 b
Ecótono	18,53 b	38,88 a
Floresta	20,29 b	39,07 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo Teste t de Bonferroni a 5%.

4.7. Análises Multivariadas

Para representar em menores dimensões os padrões observados para as áreas de floresta, eucalipto e ecótono nas diferentes profundidades (0-10 e 10-20 cm), os dados referentes aos atributos químicos e físicos, COT e estoque de carbono do solo, foram submetidos a análise de agrupamento hierárquico (Figura 14) e de componentes principais (ACP) (Figura 15). Na análise de agrupamento hierárquico, para ambas as profundidades (Figura 14), pode-se verificar uma menor distância de ligação, ou seja, maior similaridade (44% e 54% para 0-10 e 10-20 cm, respectivamente) entre as áreas de eucalipto e de floresta, as quais se distinguem da área de ecótono com uma distância de ligação em torno de 70% (Figura 14A e B).

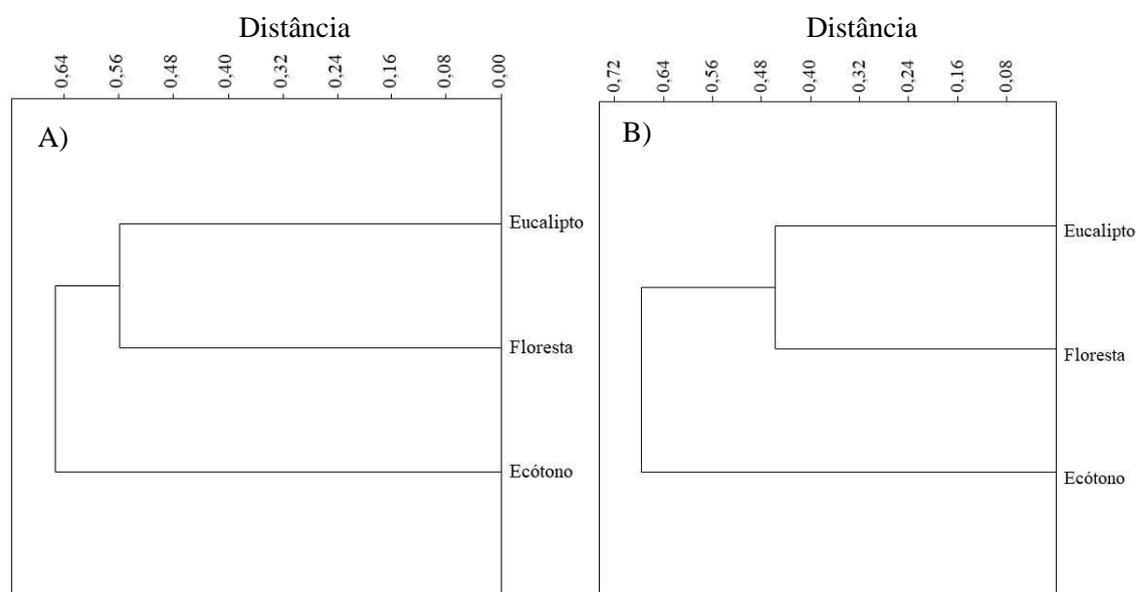


Figura 14. Dendrograma de agrupamento hierárquico (Ligação Simples; Método: Gower) integrando os atributos do solo de floresta, ecótono floresta-eucalipto e povoamento de eucalipto, nas profundidades de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B).

A ACP, por sua vez, confirma o que foi observado na análise de agrupamento e demonstra quais variáveis mais contribuíram para a similaridade/distância entre as áreas (Figura 15). No que se refere a profundidade de 0-10 cm (Figura 15A), verifica-se que a primeira e segunda componentes principais (CP), de forma acumulada, explicam 70,87 % da variabilidade total dos dados, sendo 46,98 % retido no eixo 1 (eixo principal) e 23,89 % no eixo 2 (Figura

15A). O pH e os teores de Ca, Mg e K são os que mais contribuem para a explicação do componente 1 ($r > \pm 0,90$), enquanto a componente 2 é explicada, principalmente, pelos teores de Al, P e COT ($r > 0,80$).

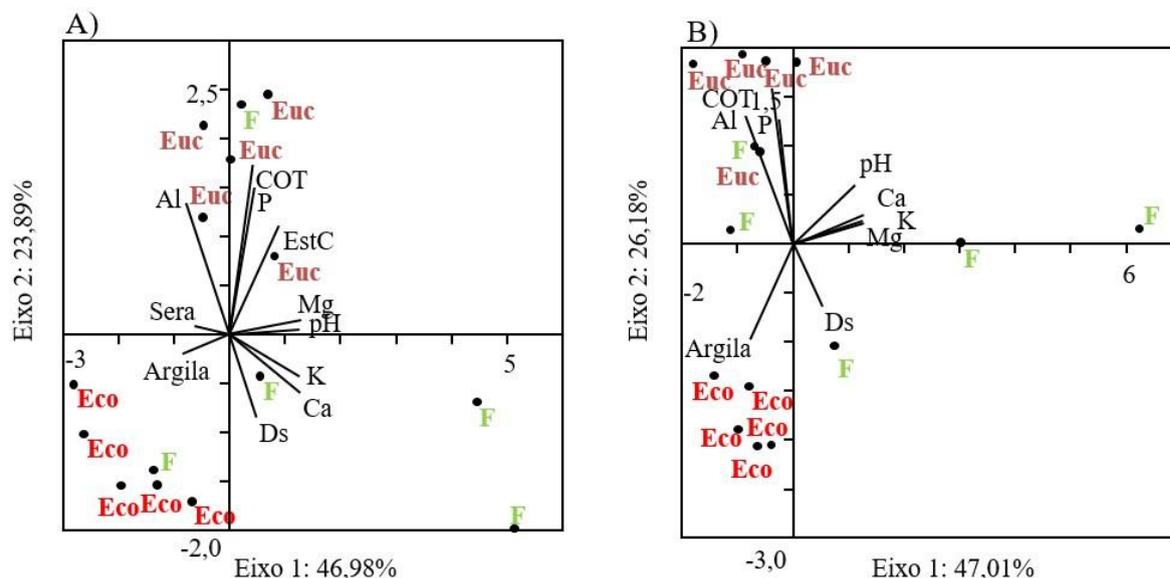


Figura 15. Análise de componente principal (A) e dendrograma de agrupamento hierárquico (Ligação Simples; Método: Gower) (B) integrando os atributos do solo de floresta, ecótono floresta-eucalipto e povoamento de eucalipto, nas profundidades de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B). COT= Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; Sera: Serapilheira.

Observa-se que a distinção entre as áreas de floresta e ecótono se dá ao longo do eixo 1 proporcionada, principalmente, pelas variáveis pH, Ca, Mg e K que estão positivamente (autovetores positivos) correlacionadas com este eixo e mais associadas a área de floresta, e pelos teores de argila e serapilheira que se encontram correlacionados negativamente com este eixo (autovetores negativos) e mais associados a área de ecótono. Vale ressaltar que as variáveis argila e serapilheira contribuíram com menor expressão ($r = -0,63$ e $r = -0,46$, respectivamente) para a formação deste eixo e separação das áreas. O eixo 1 também demonstra um posicionamento intermediário da área de eucalipto em relação as demais áreas, com uma tendência de maior agrupamento com a área de floresta. As variáveis COT, Al e P são as que mais se relacionam com a área de eucalipto e que possivelmente contribuem com maior expressão para as taxas de dissimilaridade observada entre esta área e a área de ecótono.

Na profundidade de 10-20 cm (Figura 15B), verifica-se padrão similar a profundidade de 0-10 cm (Figura 15A). As duas primeiras componentes principais explicam 73,19% da variância dos dados, em que o eixo 1 explica 47,01% e o eixo 2 26,18%, (Figura 15B). As variáveis que mais contribuíram para formação do eixo 1, com elevada correlação ($r > 0,80$), foram pH, Ca, Mg e K, e com o eixo 2 o Al, P e COT. A Floresta está disposta ao longo do eixo 1, em sua maioria associada positivamente ao pH e teores de Ca, K, e Mg. Em lado oposto, no quadrante inferior, está disposta a área de ecótono estando associada a argila, e no quadrante superior, o eucalipto e alguns pontos da floresta, o que pode estar relacionado a similaridades entre estas duas últimas áreas quanto aos teores COT, Al e P, variáveis estas que encontram-se altamente correlacionadas entre si.

Verifica-se que as variáveis químicas do solo e o COT têm maior peso na discriminação entre as áreas, na ACP, indicando que estas variáveis são eficientes em explicar a maior parte da variação existente entre as áreas de ecótono, eucalipto e floresta.

5. CONCLUSÕES

O fator de forma baixo indica que as microbacias do Parque Estadual Nova Baden são pouco suscetíveis a enchentes. As duas microbacias do Parque estadual Nova Baden, possuem uma pequena área e a Microbacia da Trilha dos Troncos, possui uma maior densidade de drenagem, ou seja, apresenta uma melhor resposta na relação precipitação e vazão.

Os maiores valores de carbono foram quantificados na área de eucalipto, já os maiores valores de Estc foram verificados nas áreas de floresta e eucalipto não havendo diferenças entre estas. Observa-se que o longo de tempo de implantação do plantio de eucalipto bem como o processo de sucessão natural, estão contribuindo para o aumento dos teores e estoques de carbono no solo. Na área de eucalipto esse padrão pode estar sendo favorecido pela sua localização que contribui para que a decomposição da matéria orgânica ocorra de forma mais lenta propiciando esse acúmulo.

Não foram verificadas grande diferenças quanto à fertilidade dos solos das áreas estudadas, porém na área de Floresta foi observada uma maior disponibilidade dos nutrientes Ca, Mg e K, em contrapartida na área de Eucalipto foram observados os maiores valores de P. A dinâmica dos atributos do solo na área de ecótono floresta-eucalipto é mais similar ao fragmento florestal em comparação ao povoamento de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque – MG baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.
- BRITEZ, R. M.; SANTOS FILHO, A.; REISSMAN C. B.; SILVA S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X.; QUADROS, R. M. B. Nutrientes no solo de duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 21: 625-34. 1997.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CECÍLIO, R. A. Delimitação da bacia hidrográfica em região montanhosa a partir de diferentes modelos digitais de elevação. **Revista Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 34, n. 5, p. 2007-202, 2013.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas**. Rio Claro: Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 375p, 1970.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 150p., 1974.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 256p, 1999.
- DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. do P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó - SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 24, 1:59-69, jan./mar. 2014.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.
- FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; BROCHADO, A. L.; GUALA II, G. F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências** 12: 39-43. 1994.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL-SP. Órgão da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Definição de parques estaduais e municipais**. 2018. <http://fflorestal.sp.gov.br/pagina-inicial/parques-estaduais/> Acesso em 14/09/2018.
- GOMES, J. M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M. R. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 5, 3:383-391, 2010

HICKMANN, C.; COSTA, L.M., SCHAEFER, C.E.G.R; FERNANDES, R.B. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 35:2191-2198, 2011.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARANGON, L.C.; SANTOS, M.S.; MELO C.L.S.M.S.; PESSOA, M.M.L. Estruturas de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, 34(1): 103-114, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE: Rio de Janeiro, 92 p, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira : sistema fitogeográfico : inventário das formações florestais e campestres : técnicas e manejo de coleções botânicas : procedimentos para mapeamentos** IBGE: Rio de Janeiro, 272 p, 2012.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARAGON, L. S. M. S.; SANTOS, M.S.M; MELO, C.L.M.S.M; PESSOA, M. M. L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 103-114, 2010.

LIMA-RIBEIRO, M. S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 535-545, 2008.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; NETTO, S. P. Efeito de borda em um trecho da Floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. **Revista Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 85-94, 2006.

MELLO, T, F.; **Estrutura da vegetação, cobertura florestal e preferencias do uso da paisagem associados as vertentes:as quases florestas de São Luiz de Paraitinga**. 2009. Dissertação (Mestrado). Instituto de biociências da universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. 2009.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. Análise morfométrica do complexo hidrográfico do rio matinhos-por uma análise morfométrica. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 4, p. 139-152. 2000.

PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; AMORIM, T. A.; MENEZES, C. E. G. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de Floresta Atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1317-1327, 2013.

PINHEIRO, M. H. O.; ARANTES, S. A. do C.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MONTEIRO, R. Caracterização edáfica de um ecótono savânico-florestal no Sudeste brasileiro. **Iheringia, Sér. Bot.**, Porto Alegre, v. 64, n. 2, p. 15-24, 2009.

PORTELA, R. C. Q.; SANTOS, F. A. M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 271-280, 2007.

REVISTA SAGARANA. Revista de turismo, cultura e natureza em Minas Gerais. **Informações sobre parques estaduais**. 2018. <http://revistasagarana.com.br/parques-estaduais/> Acesso em 14/09/2018.

RIBEIRO FILHO, M.; ZIMMERMANN, M. P.; BELCHIOR, M.; RAUPP, M. A.; TEIXEIRA, I. M. V.; VARGAS, G. J. S.; ROUSSEFF, D. Lei Federal n.º 12.651 de 25 de maio de 2012. **Código Florestal**. 2012.

ROCHA, J. S. M.; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, ed. 4, 120p., 2001.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P de; NETO, E. L. M.; NETTO, A. de O. A. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 2, 2014.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. DE A.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço-Pará, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v. 11, n. 3, p. 143-150, 2016.

ROSA, F. S; TONELLO, C; VALENTE, R. O. A; LOURENÇO, R. W; Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Revista Ambiente & Água**, v. 9 n. 3, 2014 .

SATTLER, M. A. Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre/ES. 2006.

SANTOS, G. L. D., PEREIRA, M. G., DELGADO, R. C., & MORAES, L. F. D. D. Padrões da regeneração natural na região de Mar de Morros, Pinheiral-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

SANTOS, R. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Fungos micorrízicos arbusculares e serapilheira como indicadores do efeito de borda em fragmento de Floresta Estacional. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 324-335, 2018.

SILVA, E. R da; DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. De; SILVA, I. S. da. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p.714-719, 2014.

SILVA NETO, S. P. da; SANTOS. A. C. dos; LEITE, L. L.; DIM, V. P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A.; NESVES NETO, D. N. das. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 541-552, 2011.

SOUZA, L. M. de; FERNANDES, F. H. S.; NERY, C. V. M.; RIBEIRO, O. A. Caracterização flúvio-morfológica e dinâmica da paisagem da Sub-Bacia do Rio Ribeirão Santana – Rio Pardo de Minas/MG. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 3346-3356, 2014.

SCHIMIDT, J.; EVANS, I. S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land

surface curvature calculation. **International Journal of Geographical Information Science**, Estados Unidos, v.17, n. 8, p. 797-814, 2003.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2 ed. 1995, 147 p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573 p. 2017.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 859-857, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, F. A. de; PAIVA, J. de; CORNÉLIO, E. DE P.; FERNANDES, F. S. Análise das características quantitativas e qualitativas da microbacia do córrego barreiro, afluente do rio Uberaba. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p.931- 939, 2011.

VIANI, R. A. G. R.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G; A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552 jul.-set., 2010.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em Floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 521-532. 2007.

VIDOTTO, E.; PESSENDA, L. C. R.; RIBEIRO, A. de S.; FREITAS, A. de H.; BENDASSOLLI, J. A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazonica**, 37(3), 385-400. 2007. <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000300010>.

VIEIRA, D.M.S.; TORRES, J.L.R.; BARRETO, A.C.; CUNHA, M.A. Avaliação quantitativa das características geomorfológicas das microbacias hidrográficas que compõem a área de proteção ambiental do rio Uberaba. **Irriga**, Botucatu, 17, 3:313-326, 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 245p., 1975.

UZÊDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; MOREIRA, R. V. S.; FONTANA, A.; DONAGEMMA, G. K. Eutrofização de solos e comunidade arbórea em fragmentos de uma paisagem agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1120-1130, 2016.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, United States, v. 19, n. p. 1467-1476, 1988.

ZAIA, F. C., GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [en línea] 2004, 28 (Sin mes): [Fecha de consulta: 20 de junio de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214235007> ISSN 0100-0683.