

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

ADRIANA DE VASCONCELLOS

QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES FORMAS DE USO EM ÁREAS DE ZONA
DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

VOLTA REDONDA
2019

ADRIANA DE VASCONCELLOS

**QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES FORMAS DE USO EM ÁREAS DE
ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dra. Fabiana Soares dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Welington Kiffer de Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Alexander Silva de Resende

Volta Redonda, RJ
2019

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

V331q Vasconcellos, Adriana de
Qualidade do solo sob diferentes formas de uso em áreas de
Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta / Adriana de
Vasconcellos ; Fabiana Soares dos Santos, orientadora ;
Wellington Kiffer Freitas, coorientador. Volta Redonda, 2019.
71 f.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Volta Redonda, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGTA.2019.m.02677477726>

1. Áreas Degradadas. 2. Ecologia da Paisagem. 3.
Fragmentação Florestal. 4. Indicadores de Qualidade do Solo.
5. Produção intelectual. I. Santos, Fabiana Soares dos,
orientadora. II. Freitas, Wellington Kiffer, coorientador. III.
Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia
Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD -

ADRIANA DE VASCONCELLOS

**QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES FORMAS DE USO EM ÁREAS DE
ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Aprovada em 15 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Fabiana Soares dos Santos

Profa. Dra. Fabiana Soares dos Santos – UFF
Orientadora

Givanildo de Gois

Prof. Dr. Givanildo de Gois – UFF

Luís Mauro

Prof. Dr. Luís Mauro Sampaio Magalhães – UFRRJ

Volta Redonda

2019

Dedico este trabalho à Floresta da Cicuta, definida pelo Botânico Jorge Pedro P. Carauta como “*a mais notável de todo o Vale do Rio Paraíba do Sul*”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Dr^a Fabiana, por todo o incentivo, paciência e profissionalismo. Tenho muito a agradecer por todos os conhecimentos transmitidos e pelas pertinentes correções.

Ao meu coorientador Prof^o Dr^o Welington, com quem muito aprendi. Agradeço por ter acreditado em mim e pela ajuda em todos os momentos.

Ao meu coorientador Prof^o Dr^o Alexander, pelas valiosas análises sem as quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pela generosidade em aceitarem o convite.

Ao Prof^o Dr^o Givanildo, pela amizade e auxílio em diversos momentos.

Ao meu amigo Isaac, pela ajuda e apoio que foram essenciais.

Aos voluntários do Programa de Voluntariado do ICMBio/ARIE Floresta da Cicuta, que enfrentaram calor, morros, mosquitos e carrapatos para auxiliar as coletas de campo.

Aos amigos da Comissão Ambiental Sul (CAS), pela convivência com pessoas incríveis que despertam a esperança de podermos contribuir efetivamente para a promoção de ações socioambientais em benefício da população de nossa região Sul Fluminense.

À Equipe Gestora do ICMBio/ARIE Floresta da Cicuta, profissionais competentes e dedicados, em especial à Márcia, por sua amizade com quem sinto muito apreço e gratidão, e ao Analista Ambiental Sandro, por ser um grande exemplo de comprometimento e profissionalismo. O apoio desta Equipe foi fundamental desde o início até o fim desta jornada.

Meu sincero obrigado a todos, pelas grandes oportunidades de aprendizado.

"É triste, mas é mais fácil criar um deserto do que uma floresta."

James Lovelock

RESUMO

O desmatamento contínuo tem provocado o empobrecimento dos solos brasileiros, tendo em vista que a falta de cobertura vegetal o torna suscetível à degradação ambiental. Os impactos oriundos da erosão diminuem sua capacidade de uso tanto para a agricultura quanto para a manutenção dos ecossistemas. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos edáficos em áreas sob diferentes formas de uso de solo, destinadas à implantação de Zona de Amortecimento da Área de Relevante Interesse Ecológico-ARIE Floresta da Cicuta. Para isto, foram instaladas parcelas de 10 x 12,5 m em três diferentes formas de uso do solo: Área de pastagem degradada; Área de pastagem degradada com reflorestamento; Área de fragmento florestal, para avaliação de parâmetros químicos, físicos e biológicos como indicadores de qualidade do solo. Foram determinados os teores trocáveis de Ca, Mg, P, K, H + Al e Al do solo, além de pH, C, N, umidade do solo e teores pseudototais de metais pesados (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu, Mn, Ni), além de análise granulométrica. Os parâmetros microbiológicos estudados foram FDA, respiração do solo, C-BMS e N-BMS. Para avaliação da qualidade da serrapilheira foram determinados os teores de polifenóis e taninos. Constatou-se que existem diferenças com relação aos atributos edáficos nas três diferentes formas de uso do solo. Na análise de componentes principais (ACP) o nitrogênio foi responsável por 72% da variância no eixo I, seguido do manganês com 19% no eixo II. Apesar da área de fragmento florestal apresentar uma maior homogeneidade quanto aos parâmetros nitrogênio, polifenóis umidade e pH, o que evidencia uma maior estabilidade do ambiente nessas áreas, os parâmetros microbiológicos mostraram que existe uma baixa atividade nessas áreas, o que pode ser um indicativo de ambiente degradado, provavelmente devido ao tamanho reduzido dos fragmentos florestais presentes na Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta.

Palavras-chave: Áreas Degradadas. Ecologia da Paisagem. Fragmentação Florestal. Indicadores de Qualidade do Solo. Serrapilheira.

ABSTRACT

The continuous deforestation has caused the impoverishment of the Brazilian soils, considering that the lack of vegetal cover makes it susceptible to the environmental degradation. Impacts from erosion reduce their capacity to use both for agriculture and for ecosystem maintenance. The objective of this work was to evaluate the soil attributes in areas under different forms of soil use, destined to the implantation of the buffer zone of Área de Relevante Interesse Ecológico-ARIE Floresta da Cicuta. For this, plots of 10 x 12.5 m were installed in three different forms of land use: degraded pasture area; degraded pasture area with reforestation; and forest fragment area, for evaluation of chemical, physical and biological parameters as indicators of soil quality. The exchangeable contents of Ca, Mg, P, K, H + Al and Al of soil, besides pH, C, N, soil moisture and pseudototal contents of heavy metals (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu, Mn, Ni), besides granulometric analysis. The microbiological parameters studied were FDA, soil respiration, C-BMS and N-BMS. In order to evaluate the litter quality, the polyphenols and tannins contents were determined. Nitrogen was responsible for 72% of the variance in the I axis, followed by manganese with 19% in the II axis. In the analysis of main components (PCA), nitrogen was responsible for 72% of the variance in the I axis. Although the forest fragment area presents a greater homogeneity regarding the parameters nitrogen, polyphenols moisture and pH, which shows a greater stability of the environment in these areas, the microbiological parameters showed that there is a low microbial activity in these areas, which can be indicative of degraded environment, probably due to the reduced size of the forest fragments present in the ARIE Floresta da Cicuta.

Keywords: Degraded areas. Landscape ecology. Forest fragmentation. Soil quality indicators. Litter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da ARIE Floresta da Cicuta, p. 30

Figura 2 – Ordenação por eixos de dados multivariados de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 36

Figura 3 – Dendograma com distância euclidiana de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 39

Figura 4 – Boxplot da porcentagem de nitrogênio (N) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 41

Figura 5 – Boxplot da porcentagem de polifenóis na serrapilheira (%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 43

Figura 6 – Boxplot da concentração de manganês (Mn) no solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 44

Figura 7 – Boxplot da concentração de magnésio (Mg) no solo ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 46

Figura 8 – Boxplot dos valores de pH do solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 47

Figura 9 – Boxplot dos valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 49

Figura 10 – Boxplot da respiração basal (mg CO_2) do solo ($\text{mgCO}_2.\text{g}^{-1}\text{SS}.\text{d}^{-1}$) nas diferentes formas de uso em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 51

Figura 11 – Boxplot dos valores de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 53

Figura 12 – Boxplot das concentrações de FDA ($\mu\text{gFluoresc.g}^{-1}\text{SS.h}^{-1}$) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 55

Figura 13 – Boxplot das porcentagens de umidade de solo (U%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 56

Figura 14 – Área da Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros químicos e biológicos de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, p. 38

Tabela 2 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de nitrogênio (N) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 41

Tabela 3 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância (B) da porcentagem de polifenóis na serrapilheira (%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 43

Tabela 4 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da concentração de manganês (Mn) no solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 45

Tabela 5 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância (B) da concentração de magnésio (Mg) no solo (cmol.c.dm^{-3}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 46

Tabela 6 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância dos valores de pH do solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 48

Tabela 7 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância dos valores de carbono da biomassa microbiana (C-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 49

Tabela 8 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da respiração basal (mg CO_2) do solo ($\text{mgCO}_2.\text{g}^{-1}\text{SS}.\text{d}^{-1}$) nas diferentes formas de uso em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 52

Tabela 9 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância dos valores de nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 53

Tabela 10 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância das concentrações de FDA ($\mu\text{gFluoresc}.\text{g}^{-1}\text{SS}.\text{h}^{-1}$) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 55

Tabela 11 – Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância das porcentagens de umidade de solo (U%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal, p. 56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
C-BMS	Carbono da Biomassa Microbiana do Solo
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CWA	Clima Temperado Úmido com Inverno Seco e Verão Quente
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FDA	Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MOS	Matéria Orgânica do Solo
N-BMS	Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO, p. 16

2 OBJETIVOS, p. 18

2.1 OBJETIVO GERAL, p.18

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS, p. 18

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p.19

3.1 O SISTEMA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E AS ZONAS DE AMORTECIMENTO, p. 19

3.2 ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA, p. 23

3.3 GRADIENTES AMBIENTAIS, p. 24

3.4 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO, p. 25

4 MATERIAIS E MÉTODOS, p. 29

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA, p. 29

4.2 AMOSTRAGEM DE SOLO E SERRAPILHEIRA, p. 32

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS, p. 33

4.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS, p. 34

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 36

6 CONCLUSÃO, p. 60

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 61

1. INTRODUÇÃO

As florestas têm um papel importante no funcionamento dos ecossistemas, pois desempenham uma série de funções e serviços ambientais. A Mata Atlântica foi uma das maiores florestas tropicais das Américas, cobrindo originalmente cerca de 150 milhões de hectares. No entanto, sofreu uma enorme perda florestal e, atualmente, a maioria dos fragmentos são menores que 50 hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009), sendo insuficiente para suportar a sobrevivência a longo prazo desta rica floresta tropical, ameaçada de extinção sem o restabelecimento de ligações de conectividade chave, especialmente entre os remanescentes maiores. No atual cenário crítico de conservação da Mata Atlântica, todos os remanescentes são importantes para a conservação deste ecossistema.

A ARIE Floresta da Cicuta, situada entre a Serra do Mar e da Mantiqueira, entre os municípios de Volta Redonda e Barra Mansa, é um dos últimos fragmentos de Mata Atlântica pertencente ao ecossistema Estacional Semidecidual na região do Médio Paraíba do Sul (ALVES; ZAÚ, 2005), possuindo em seu entorno atividades com relevantes impactos ambientais negativos, tais como processos industriais, urbanização e serviços de infraestrutura.

Neste sentido, a legislação prevê as zonas de amortecimento das Unidades de Conservação que são estabelecidas para, entre outras funções, mitigar os efeitos da fragmentação florestal, buscando controlar os efeitos de borda. Nessas áreas, as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas e a seleção de indicadores ambientais se torna de grande importância para a sua conservação.

O funcionamento dos ecossistemas envolve processo de ganhos (entradas) e perdas (saídas) de carbono e nutrientes, sendo o seu grau de sustentabilidade determinado pela intensidade e o balanço desses processos opostos. O solo, juntamente com o ambiente edáfico, é a base de sustentação da pedosfera onde se distribuem os ecossistemas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As propriedades edáficas podem ser profundamente alteradas em áreas com florestas nativas, agricultura, pastagem ou reflorestamento, seja em decorrência na aplicação de esforços físicos, alteração na dinâmica da água, fluxo de nutrientes, por práticas incorretas de manejo, etc. podendo ser aferidas por indicadores de qualidade. Tais fatores podem, inclusive, direcionar para a reconstrução do solo degradado (MELO; SCHAEFER, 2009).

Embora não haja uma metodologia única para estimar a qualidade do solo, mudanças dos atributos do solo têm sido avaliadas por intermédio da mensuração de indicadores apropriados e pela sua comparação com valores desejáveis em diferentes intervalos de tempo (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Segundo Cunha (2017) para avaliar a sustentabilidade em diferentes ambientes é necessário avaliar os atributos do solo sob diferentes usos e manejo, como área de pastagem e reflorestamento, em comparação com a cobertura de florestas.

O uso de indicadores que sejam representativos dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é de extrema importância para avaliação da qualidade do solo, visando o monitoramento de mudanças na qualidade ambiental de uma área e a proposição de mecanismos que levem a alternativas que minimizem os impactos sobre o meio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar atributos edáficos em áreas sob diferentes formas de uso do solo, destinadas à implantação das zonas de amortecimento em Unidade de Conservação situada em áreas urbanas, a partir de características químicas e biológicas do solo e da serrapilheira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência de diferentes formas de uso do solo (área de pastagem degradada, área de pastagem degradada com reflorestamento e área com fragmento florestal) nas características químicas (macronutrientes, micronutrientes, metais pesados, matéria orgânica, pH e alumínio) e microbiológicas do solo (FDA, C-BMS, N-BMS e respiração do solo);
- Avaliar a influência destas diferentes formas de uso do solo sobre os componentes da serrapilheira (polifenóis e tanino).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O SISTEMA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E AS ZONAS DE AMORTECIMENTO

Devido à alta destruição de vários biomas no Brasil, a conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios, frente ao atual cenário de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais que provocam a fragmentação de ecossistemas naturais. Na Mata Atlântica, essas perturbações provocaram a fragmentação da maior parte dos remanescentes florestais, especialmente em paisagens intensamente cultivadas (VIANA; PINHEIRO, 1998). Este bioma, considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade, apresenta áreas endêmicas isoladas em fragmentos minúsculos, espaçados e pouco protegidos. Em casos assim são necessárias iniciativas de ampliação e expansão do atual sistema de unidades de conservação federais para garantir a proteção desses fragmentos, de forma a evitar mais desmatamentos e perda massiva de espécies endêmicas (TABARELLI *et al.*, 2005) além da mudança na gestão das unidades municipais para nível estadual ou federal para garantir maior proteção (CYSNEIROS *et al.* 2015).

De acordo com Ribeiro *et al.* (2009) as estimativas atuais de cobertura existente na Mata Atlântica variam de 11,4 a 16%. As diferenças entre as estimativas estão principalmente relacionadas à inclusão de florestas secundárias intermediárias e fragmentos (< 100 ha), que correspondem a aproximadamente 32-40% do que resta.

A partir do ano 2000 com a publicação da lei 9985/2000 que cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação–SNUC, essas Unidades de Conservação tornam-se uma das principais políticas para conservar a natureza e os recursos naturais.

Esse conceito de Unidades de Conservação foi definido de acordo com a lei 9.985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) no artigo 2º:

“Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”

Portanto as Unidades de Conservação são legalmente instituídas pelo poder público e estão divididas em dois grupos: as de proteção integral e as de uso sustentável e estão entre os principais instrumentos para proporcionar a conservação da diversidade biológica *in situ*. As Unidades de Proteção Integral têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Nas Unidades de Uso Sustentável objetiva-se compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais (BRASIL,2000).

Atualmente, das 334 Unidades de Conservação Federais do país existem 185 de Uso Sustentável e 149 de Uso Integral, excetuando-se as RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural). Desse total, 92 são UC do bioma Mata Atlântica que perfazem 3.849.554 hectares de áreas protegidas. Esse tamanho de área total de UC do bioma Mata Atlântica é menor que a área de um único Parque Nacional do bioma Floresta Amazônica, o ParNa Montanhas do Tumucumaque, que possui 3.865.188,53 de hectares (ICMBio 2019; PINTO *et al.* 2014).

De acordo com Resende *et al.* (2018), apenas 30% da cobertura total da Mata Atlântica está localizada dentro de áreas protegidas, das quais 9% são estritamente protegidas e 21% de uso sustentável. As coberturas localizadas fora das unidades de conservação podem sofrer intervenção em casos de interesse público e utilidade social. Os autores evidenciam a necessidade que incentivos sejam implementados como o pagamento por serviços ecossistêmicos no campo, impulsionando economias locais e estimulando a geração de empregos enquanto restaura a vegetação.

Para efetiva proteção desta rica biodiversidade, há necessidade de maior controle e fiscalização, integrando os instrumentos regulatórios e as políticas públicas, de modo que as fronteiras naturais sejam a base das ações de conservação, em detrimento aos limites políticos (municípios e estados), além de ampla colaboração entre agências governamentais (TABARELLI *et al.* 2005).

Segundo o SNUC, a ARIE (Área de Relevante Interesse Ecológico) é uma categoria de Unidade de Conservação dentro do grupo de uso sustentável, e a definição da categoria ARIE é exposta no artigo 16:

“Art. 16.A Área de Relevante Interesse Ecológico é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

§ 1º A Área de Relevante Interesse Ecológico é constituída por terras públicas ou privadas.

§ 2º Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Relevante Interesse Ecológico”

No artigo 25 do SNUC consta que as unidades de conservação, exceto Área de Proteção Ambiental (APA) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), devem possuir uma Zona de Amortecimento e, quando conveniente, corredores ecológicos. O artigo 2, XVIII define que “Zona de Amortecimento é o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”; e que corredores ecológicos (SNUC Art. 2º, XIX)” são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais”.

De acordo com Beiroz (2015) as Zonas de Amortecimento são ferramentas importantíssimas para a gestão e planejamento territorial, mitigação de conflitos e de conservação ambiental, sendo, portanto, essenciais à proteção das unidades de conservação. Depreende-se assim que as zonas de amortecimento têm a função de proteger o entorno das Unidades de conservação, por ser uma área protetiva. Mas infelizmente, as zonas de amortecimento ainda não se apresentam como realidades que colaboram na conservação ambiental. Moraes; Mello, Topa (2015) afirmam que para as zonas de amortecimento serem eficazes, é necessário o planejamento e o estabelecimento de propostas de manejo, e essas zonas devem ser prioritárias entre os programas de gestão para as Unidades de Conservação. Para que as zonas de amortecimento cumpram seus objetivos, os diversos atores sociais devem ter participação nesse processo. Além disso, é imprescindível a recomposição da vegetação com vistas ao aumento da conectividade entre os fragmentos.

Ainda segundo Beiroz (2015), também é necessário a integração do planejamento do uso e manejo das Unidades de Conservação em conformidade às áreas de seu entorno, o que evitaria reflexos negativos sobre a qualidade do manejo da própria área protegida e sobre as condições sociais e econômicas das populações vizinhas. E em ambientes urbanos, tais fatores adquirem maior complexidade devido aos atores e as disputas que se embatem, e de acordo com os interesses que os movem. Geralmente ocorre uma intensificação do uso urbano do solo no entorno das áreas protegidas resultando também em intensificação de fragmentação de habitats e de impactos sobre as Unidades de Conservação, podendo provocar também uma expansão da ocupação residencial.

Pelo exposto compreende-se que as zonas de amortecimento funcionam como um filtro para impedir que os impactos externos negativos não comprometam o interior das Unidades de Conservação. É uma área protetiva, que auxilia a Unidade de Conservação na proteção de sua biodiversidade e onde permite-se, sob certas condições, a exploração de atividades econômicas por particulares, mediante autorização do órgão ambiental competente conforme o artigo 36, §3º da lei 9.985/2000 (SNUC). Ademais, ainda na lei 9.985/2000, em seu artigo 25, verificamos que:

“§ 1º O órgão responsável pela administração da unidade estabelecerá normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da Zona de Amortecimento e dos corredores ecológicos de uma unidade de conservação”.

De acordo com Costa *et al.* (2007) tanto o diagnóstico como o manejo de Unidades de Conservação brasileiras, em sua grande maioria, ocorre dando prioridade apenas para o interior das áreas protegidas, não se levando em conta o seu entorno. Beiroz (2015) adverte que as zonas de amortecimento são áreas complementares de extrema importância e devem ter seu gerenciamento de modo integrado à UC.

Nora; Santos (2011) afirmam que interferências em zonas de amortecimento como invasões, deposição de resíduos e extração ilegal de recursos ameaçam a manutenção e a integridade biológica dessas áreas. Isso significa que apenas a implantação das Unidades de Conservação não é capaz de conservar os recursos naturais. De acordo com Moraes *et al.* (2015) a baixa porcentagem de áreas florestadas no Brasil, a baixa conectividade entre os fragmentos e o atual descumprimento da legislação ambiental na demarcação das ZA contribuem para o

isolamento das Unidades de Conservação e conseqüentemente no aumento dos efeitos de borda, gerando impactos negativos sobre a biodiversidade.

Pelo exposto, percebe-se a necessidade de criação de indicadores que expressem de forma objetiva as múltiplas questões que envolvem os diferentes usos do solo do entorno das Unidades de Conservação, que promova a avaliação do estado de recuperação ou degradação ambiental, e que sirva de suporte na gestão das zonas de amortecimento. Atualmente muitas paisagens, de acordo com Moraes; Mello e Topa (2015) estão sendo afetadas pelo uso desordenado da terra nas ZA o que requer a proposição de políticas relacionadas ao ordenamento do uso do solo. Indicadores ambientais facilitarão a análise de experiências de utilização do uso do solo e podem ser eficientes no ordenamento e gestão adequada.

3.2 ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

A Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta com 1.725 hectares, conforme a delimitação que consta no seu Plano de Manejo apresenta algumas áreas chaves capazes de propiciar corredores ecológicos para aumentar a interconectividade das espécies entre as manchas isoladas próximas, pois as áreas que possuem remanescentes florestais, várzeas e áreas naturais protegidas (APP, outros) com potencial de conectividade também foram incluídas. Tendo em consideração a missão da ARIE Floresta da Cicuta que é conservar o importante fragmento da Floresta Estacional Semidecidual, de acordo com os estudos realizados pela equipe técnica do Plano de Manejo, de modo a assegurar a interação entre o meio ambiente e a sociedade, conclui-se que a sua Zona de Amortecimento é um mecanismo essencial a ARIE Floresta da Cicuta para alcançar sua missão.

Ademais, merece transcrição de algumas das normas da Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta constantes no seu Plano de Manejo onde se prevê normas específicas para a ocupação e uso dos recursos do seu entorno de acordo com o Art. 25, § 1º da Lei 9.985/2000:

- a) Com relação ao fogo os proprietários da face leste e oeste devem fazer aceiro em função dos ventos.
- b) Reflorestamentos devem ser licenciados pelo órgão competente e anuência do ICMBio. Reflorestamento com exóticas deve ter afastamento mínimo de 250 metros da borda e do Rio Brandão. Reflorestamento com nativas oriundos de TAC e outros instrumentos legais, a equipe deverá acompanhar todo o projeto.
- c) Não é permitido métodos com agentes biológicos nos cultivos inseridos na ZA, de controle químico da matocompetição, de utilização de hormônios sintéticos para

acelerar o desenvolvimento vegetativo e a aplicação de defensivos através de sobrevoos de aeronaves.

- d) O cultivo da terra será feito de acordo com as recomendações pelos órgãos oficiais de extensão rural. Exploração de madeira, lenha e outros subprodutos florestais deverá respeitar as proibições contidas na Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, Lei da Mata Atlântica. Proibido o cultivo de espécies geneticamente modificadas conforme a lei 9985/2000 no artigo 57-A. Empresas de dutos de combustíveis deverão comunicar à chefia da ARIE todos os procedimentos nos equipamentos e divulgar os Planos de Atendimento às Emergências. Proibido lançamento de quaisquer produtos ou substâncias químicas que afetem os recursos hídricos e impactem a biota da UC.
- e) A vegetação nativa das Áreas de Preservação Permanente (APP) deverá ser conservada e, se necessário, recuperada. Fragmentos florestais deverão ser recuperados objetivando a conectividade com a ARIE, contribuindo com o fluxo gênico e a formação de corredores ecológicos. Propriedades situadas na ZA sem averbação da reserva legal deverão regularizar esta situação. Reservas legais deverão ser localizadas preferencialmente nos limites da UC, objetivando o estabelecimento de conectividade.

Importante salientar que ao sul da Unidade na sua Zona de Amortecimento está sendo instalada a Linha de Transmissão de Energia Aérea, com potência de 500 kV, (Figura 2) de domínio das Linhas de Taubaté Transmissora de Energia Ltda. conforme o plano de manejo da unidade (BRASIL,2016). O empreendimento licenciado pelo IBAMA teve como uma das condicionantes a realocação de áreas em compensação à vegetação nativa que foram suprimidas, a partir de reflorestamento na Zona de Amortecimento. Dessa forma espera-se evitar a entrada de população de invasores e o agravamento dos efeitos de borda, em comparação com as linhas de Furnas, já instaladas na década de 70.

Sobral *et al.* (2007) afirmam que a presença de torres e linhas de transmissão de energia em ambientes naturais gera algumas alterações no meio físico, como o aumento dos processos erosivos e a compactação do solo. No meio biótico afugenta a fauna e erradica a vegetação na faixa de servidão. Os aumentos dos processos erosivos e a compactação do solo decorrentes de alterações no meio físico são classificados como de frequência permanente, com abrangência local, tendo resposta num médio prazo, de origem direta e sentido negativo, provocando um alto grau de impacto. Os impactos no meio biótico como a interrupção do fluxo gênico e o stress da fauna são classificados de origem temporária, reversíveis, com extensão local, de origem direta e sentido negativo, onde a interrupção do fluxo gênico vai refletir uma resposta a curto prazo e stress da fauna a médio prazo, provocando ambos um alto grau de impacto na biota.

Rodolfo; Temponi; Cândido Júnior (2008) entendem que alterações no ambiente natural, como trilhas, estradas, linhas de transmissão de energia elétrica e clareiras, podem facilitar a introdução e invasão de espécies exóticas.

3.3 GRADIENTES AMBIENTAIS

Na natureza as estruturas espaciais estão arrançadas em manchas ou gradientes. Diversas variáveis podem auxiliar na interpretação de um gradiente ambiental. As modificações tanto abruptas quanto graduais na estrutura de um habitat ocasionam um gradiente ambiental relacionado com a fragmentação, que provoca mudanças na paisagem, com a substituição de um ambiente por outro. Infere-se, que a caracterização de um gradiente auxilia na avaliação da fragmentação (MENDES, 2010).

Em paisagens que sofrem ruptura espacial, os efeitos decorrentes principalmente da fragmentação antrópica são muito intensos e levam ao isolamento das populações presentes, tornando-as vulneráveis. Torna-se necessário o restabelecimento dos fluxos gênicos dessas populações, através da reconectividade para manter a diversidade biológica (METZGER, 2008). Habitats fragmentados ficam ainda expostos ao efeito de borda provocado devido às diferentes formas e tamanhos dos fragmentos e facilitando a entrada de espécies exóticas e a exposição de espécies nativas com plantas e animais domésticos. A complexidade da fragmentação modifica toda a paisagem e a distribuição de seus habitats. (FIGUEIRA, 2013).

A avaliação dessa complexidade da fragmentação de habitats pode auxiliar na restauração do ecossistema afetado, quando se direciona para metas a serem alcançadas como controle da erosão, melhoria da fertilidade do solo, aumento da biodiversidade e fixação do CO₂. A melhoria desses serviços ecossistêmicos auxilia no enriquecimento do habitat com a regeneração de algumas espécies. Tais esforços permitem que a restauração do ecossistema seja alcançada, mesmo que seja a longo prazo (ENGEL; PARROTTA, 2008).

Existe uma relação direta entre a fragmentação e a perda da biodiversidade do solo, especialmente na Mata Atlântica (MENDES, 2010). Ossola *et al.* (2016) analisam que as variações no habitat impactam significativamente as comunidades bacterianas do solo e afetam importantes processos biogeoquímicos. Isso contribui para confirmar Chávez *et al.* (2011) que analisam como a atividade microbiana sofre alterações devido as variações no habitat causadas inclusive por diferentes intensidades de pastejo e podem ser utilizadas como indicadoras de qualidade do solo. Conclui-se, portanto, que essas variações na composição das comunidades microbianas permitem detectar mudanças no solo que também afetam o funcionamento dos ecossistemas.

3.4 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

O solo é um recurso natural vivo e dinâmico que condiciona e sustenta a produção de alimentos e fibras e regula o balanço global do ecossistema. A qualidade do solo é definida como a capacidade deste em funcionar dentro do ecossistema visando sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais, sendo avaliada pelo uso de indicadores físicos, químicos e biológicos. O critério para o uso de um parâmetro como indicador do solo é a sua capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, além de ser facilmente utilizável por especialistas, técnicos e agricultores (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

De acordo com Gomes (2015) os indicadores da qualidade do solo podem ser classificados, de um modo geral, em quatro grupos; visuais, físicos, químicos e biológicos. Os indicadores visuais podem ser obtidos a partir da interpretação de fotografias aéreas. Ou através de observações diretas, como a exposição do subsolo, mudança de cor do solo, espécies de plantas daninhas predominantes, entre outras.

Os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento superficial e compactação. A umidade do solo é um indicador físico influenciado pela textura do solo, vegetação, temperatura e topografia. Auxilia na modelagem de processos de superfície e na determinação da resiliência dos ecossistemas (LOPES *et al.* 2011).

Os indicadores químicos de qualidade do solo apresentam grande importância em estudos ambientais, pois podem indicar o comportamento do solo, a sua fertilidade e a presença de contaminantes. O pH, carbono orgânico, salinidade, capacidade de troca de cátions, capacidade de suprimento de nutrientes às plantas, concentrações de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos, etc.) ou necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas são considerados indicadores químicos.

O pH é um importante indicador químico. De acordo com Moreira e Siqueira (2006) a maioria dos solos tem pH entre 4,0 e 8,5. Os horizontes superficiais de solos em climas mais úmidos são geralmente ácidos devido à lixiviação de bases e decomposição da serrapilheira. A fertilização pesada, a chuva ácida e até a fixação biológica de nitrogênio também podem contribuir para abaixar o pH do solo.

Os estoques de carbono e nitrogênio também estão relacionados aos indicadores químicos do solo, de maneira que o comportamento da matéria orgânica é modificado pelas

suas alterações. Além disso, a textura do solo é fundamental para a dinâmica de C e N, pois influencia sua estabilidade, além da retenção de água e nutrientes no solo, que se modifica ao longo da paisagem (SANTOS, 2017).

Metais pesados por serem potencialmente contaminantes também devem ser analisados. Segundo Basso *et al.* (2012) os metais pesados são elementos que representam problemas ao meio ambiente. Os metais pesados presentes no solo podem ter sua origem do próprio processo de intemperismo do material de origem do solo, porém, a atividade antrópica tem sido apontada como a principal fonte de contaminação do solo e da água, destacando-se fontes primárias, como a adição de fertilizantes e pesticidas, resíduos de animais e humanos e secundárias como a atividade industrial e de mineração.

O solo é um sistema complexo que comporta em sua estrutura elementos bióticos dinamizantes na organização de suas partículas e na decomposição de resíduos orgânicos. A fauna edáfica é um importante indicador biológico que atua na proteção do solo contra erosão, filtragem de ar e água, e na manutenção da cadeia alimentar e do fluxo energético de seu habitat (SILVA *et al.* 2015).

Um importante indicador biológico é a massa microbiológica. O fato que os microrganismos são os responsáveis diretos pelo funcionamento do solo, atuando nos processos de gênese, decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica e biorremediação de áreas contaminadas por poluentes e agrotóxicos, justifica não só a importância, mas também a necessidade da inclusão dos indicadores microbiológicos (aqui denominados bioindicadores) nas avaliações de qualidade do solo (MENDES; SOUZA; REIS JÚNIOR 2015).

Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo. (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007)

A respiração basal do solo representa a soma de todas as funções metabólicas nos quais o CO₂ é produzido, sendo os microrganismos os principais responsáveis pela liberação do CO₂ através da decomposição da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO, DE POLLI, 2007 c). Portanto, trata-se de um indicador da atividade microbiológica do solo. Segundo Valentini; Abreu; Faria (2015) a respiração do solo é um dos bioindicadores mais empregados para analisar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram desmatamento.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é um componente vivo da matéria orgânica que além de regular a ciclagem de nutrientes e energia, é responsável pela decomposição da matéria orgânica no solo. Por isso, a mensuração dessa propriedade fornece informações valiosas no uso e manejo adequado do solo (MEDEIROS, 2016).

O carbono orgânico (CO), junto com a biomassa microbiana do solo são indicadores adequados das alterações das atividades da comunidade microbiana do solo (SILVA *et al.* 2012).

O conhecimento dos níveis de Carbono da Biomassa Microbiana do solo (C-BMS) se tornam importantes para conservação da matéria orgânica do solo, monitoramento de áreas sob influência antrópica, servindo como sensível indicador de alterações provocadas no ambiente. (SILVA; AZEVEDO, DE POLLI, 2007b).

De acordo com Silva; Azevedo, de Polli (2007b) o quociente metabólico do solo pode ser utilizado como sensível indicador de estresse quando o Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (C-BMS) é afetada, sendo ambas as ferramentas importantes no entendimento das transformações e perdas nos compartimentos orgânicos do solo.

Outro indicador biológico é a serrapilheira acumulada que é uma importante via de transferência de carbono orgânico, de macronutrientes (N, K e Ca) e micronutrientes (Fe, Mn e Zn) para o solo (CALDEIRA *et al.*, 2007). Sua decomposição libera ao solo elementos minerais que as plantas utilizam, sendo essencial na ciclagem de nutrientes (ROSA *et al.* 2017). A velocidade de sua decomposição também é significativamente influenciada pelo ambiente biótico e abiótico em que a decomposição ocorre.

O método do diacetato de fluoresceína (FDA) é outro indicador da atividade microbiológica do solo que de acordo com Chávez *et al.* (2011) mede a atividade de proteases, lipases, esterases e outras enzimas oriundas das células microbianas ativas e capazes de hidrolisar o diacetato de fluoresceína.

4. MATERIAL E MÉTODOS

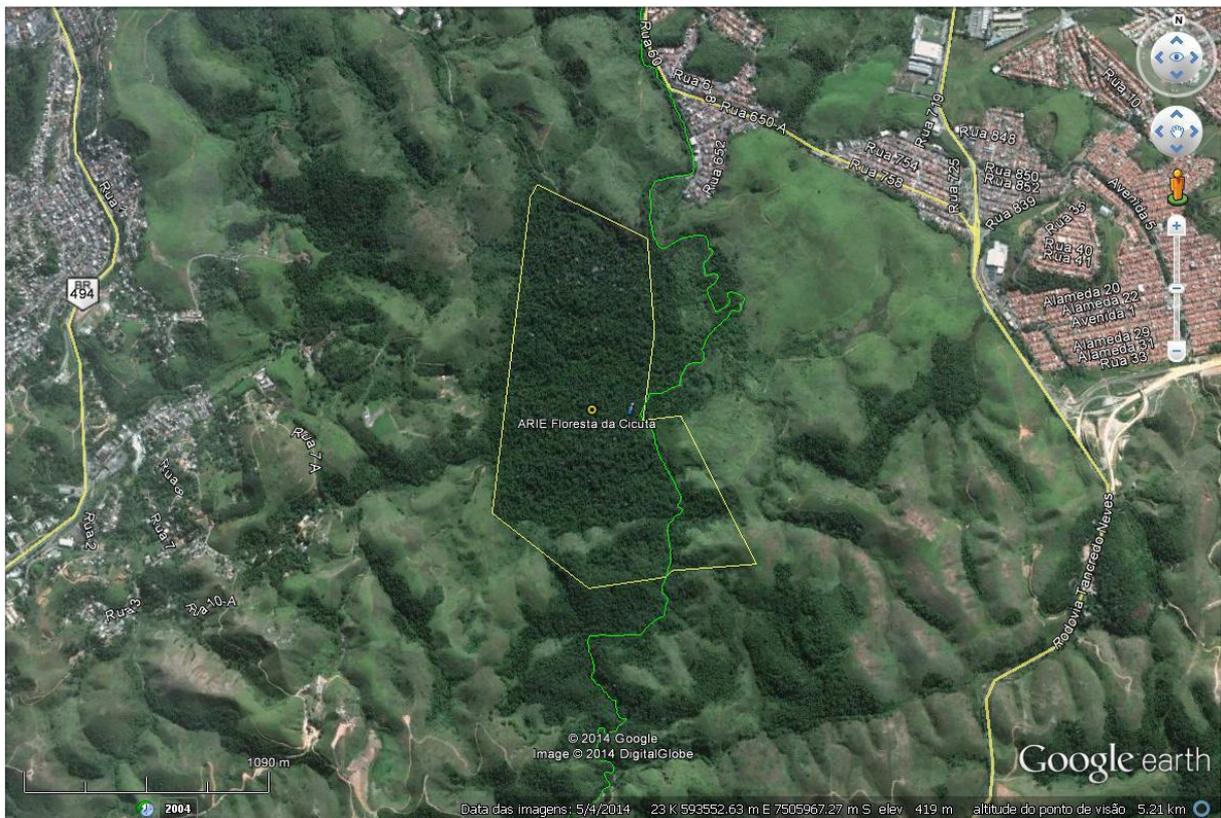
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO -ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

A área de estudo está inserida na Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, apresentando um solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo (CARVALHO FILHO; LUMBRERAS; SANTOS, 2000), com 20,5% de argila, 17,6% de silte e 61,9% de areia, segundo análise granulométrica realizada de acordo EMBRAPA (2011) com classe textural franco argilo arenoso.

A Área de Relevante Interesse Ecológico da Floresta da Cicuta foi criada pelo Decreto Federal nº 90.972 de 09 de janeiro de 1985, dentro dos limites da Fazenda Santa Cecília de propriedade da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), visando a proteção de um dos últimos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE,2012). Se constitui em um importantíssimo remanescente da Mata Atlântica que abriga exemplares raros da biota regional, sendo a sua gestão e administração realizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A ARIE Floresta da Cicuta está inserida na sub-bacia do Médio Paraíba, pertencente à Grande Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sendo cortada pelo rio Brandão, um de seus afluentes. De sua área total (131 ha), 85% localiza-se no município de Barra Mansa e 15% no município de Volta Redonda, estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas 22°32'28.08" e 22°33'27.32" Sul e 44°5'42.74" e 44°5'0.66" Oeste (Figura 1).

Figura 1: Localização da ARIE Floresta da Cicuta (Fonte: Google Earth, 2014).



Na Classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é mesotérmico (Cwa), com inverno seco e verão quente e chuvoso, com elevados índices de umidade (ALVES; ZAÚ, 2005) e altitudes entre 400 a 450 m (SOUZA *et al.*, 2007). As temperaturas médias anuais variam entre 17° (julho) e 24°C (fevereiro) e as precipitações entre 1.000 a 1.600 mm/ano (MONSORES *et al.*, 1982).

A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana. Segundo o IBGE (2012) a Floresta Estacional Semidecidual Submontana é a formação florestal mais frequente nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e dos Órgãos, sendo, portanto, a vegetação original predominante dos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa. Porém, com o ciclo do café, seguido pela pecuária e atualmente pelo crescimento urbano, a paisagem foi sofrendo alterações.

Na ARIE parte da vegetação é primitiva, porém apresenta intenso efeito de borda; nos arredores existem matas secundárias, mas a paisagem predominante é de pastagem. De acordo com seu Plano de Manejo (BRASIL, 2016) nesta Floresta Estacional Semidecidual

predominam os mesofanerófitos, apesar de sobressair muitos megafanerófitos na linha do dossel arbóreo. Souza *et al.* (2007) entre os anos de 2000 e 2001 identificaram 46 famílias, 113 gêneros e 184 espécies ou morfoespécies num total de 968 indivíduos com diâmetro do caule maior que 2,5 cm a 1,30 cm acima do solo (DAP) no interior da floresta. As famílias mais ricas em espécies foram Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Lauraceae e Euphorbiaceae. Do total de 184 táxons, 78,8% encontram-se identificados em nível de espécie, 25 (13,6%) em nível de gênero e 14 em família (7,6%). Devido a toda essa riqueza de espécies Faria (2005) reitera que é imprescindível a adoção de medidas protetivas para a manutenção da diversidade biológica da ARIE Floresta da Cicuta.

Conforme relatado no seu Plano de Manejo (BRASIL, 2016) é possível o reconhecimento de quatro estratos, dos quais três são arbóreos e um arbustivo e herbáceo, além da presença de lianas, trepadeiras e epífitas.

A título de curiosidade, a verdadeira cicuta (família Apiaceae), originária da América do Norte e Europa, extremamente venenosa, nunca foi encontrada na região, apesar da Unidade de Conservação ser conhecida como ARIE Floresta da Cicuta. Conforme é citado em seu Plano de Manejo, encontra-se na área a *Lymnobia laevigatum*, da família Hydrocharitaceae, e que foi erroneamente chamada cicuta, na década de 40.

Segundo o Plano de Manejo (BRASIL, 2016), a ARIE Floresta da Cicuta é interceptada pela Linha de Transmissão de Eletrobrás Furnas Centrais Elétricas, Adrianópolis I e II, que levou à supressão de vegetação nativa por ocasião da sua instalação, em 1974 e 1978 respectivamente, fragmentando a floresta, impedindo a passagem de populações, principalmente de primatas, e aumentando intensamente o efeito de borda.

De acordo com os estudos da equipe responsável pela elaboração do plano de manejo a unidade sofreu intenso efeito de borda que provocou alterações florísticas marcantes na ARIE, promovendo uma extensa diferenciação, uma vez que, umas poucas espécies pioneiras (oportunistas) aparecem com uma ocorrência extremamente alta até os 100 metros do interior da floresta. Este fato é resultado da fragmentação, incluindo a divisão da floresta pelas linhas de transmissão de energia elétrica e a transformação do entorno da floresta em pasto. O isolamento e a forma do fragmento elevam o risco de consanguinidade entre as espécies, pois a UC não está ligada às matas vizinhas de acordo com seu plano de manejo (BRASIL, 2016).

A vegetação da borda em termos de estrutura física, florística e de diversidade, apresenta-se bastante distinta da que compõe o interior da floresta. Com predomínio de espécies

pioneiras, invasoras e lianas em alta frequência e baixa diversidade, constituindo-se em um grande agente modificador da floresta fragmentada (BRASIL, 2016).

Essas alterações provocam preocupações com a possível extinção prematura das espécies locais, devido ao possível baixo fluxo gênico local que ocorre com a ausência de contato entre fragmentos próximos, ocasionando a ocupação do nicho vago por espécies invasoras. Hoje encontramos na região sul fluminense uma matriz de pasto com fragmentos de Mata Atlântica. É necessário o restabelecimento, especialmente em áreas-chaves, da interligação entre os fragmentos desta região, propiciando a livre transição entre espécies nativas.

Em termos de fauna, de acordo com seu Plano de Manejo, já foram encontradas aves como a juriti (*Geotrygon violacea*), a rolinha (*Columbina talpacoti*), o joão-de-barro (*Furnarius rufus*) e o tiê-sangue (*Ramphocelus bresilius*). Dentre os mamíferos destacam-se a paca (*Cuniculus paca*), a cutia (*Dasyprocta aguti*), o caxinguelê (*Sciurus aestuans*), a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), o bugio (*Alouatta clamitans*) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), sendo os dois últimos, espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 2016).

De acordo com o projeto Radam (BRASIL, 1983) o aspecto topográfico e morfológico da depressão do Médio Paraíba do Sul forma a paisagem característica de "mar de morros", geralmente recobertos por Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho Amarelos. Ainda de acordo com o projeto Radam (Brasil, 1983) os Latossolos e os Argissolos distróficos são revestidos pela Floresta Estacional Semidecidual, que ocorre sob um clima tropical com mais de 60 dias secos por ano, sobre litologia pré-cambriana, nas mais variadas formas de relevo, até o Quaternário. A ocorrência da Região da Floresta Estacional Semidecidual está relacionada aos ambientes que compõem as planícies aluviais das bacias do médio Rio Paraíba do Sul.

4.2 AMOSTRAGEM DE SOLO E SERRAPILHEIRA

Foram selecionadas três diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta:

- Área de pastagem degradada;
- Área de pastagem degradada com reflorestamento;
- Área de fragmento florestal.

A área de pastagem degradada com reflorestamento compreende 10,78 ha onde em dezembro de 2015 foi iniciado um reflorestamento pela empresa Linhas de Taubaté Transmissora de Energia Ltda. – LTTE. Nesta área foi feita a correção do solo com aplicação de 200 g de calcário dolomítico/cova, antes do plantio e adubação de 150 g/cova de formulação NPK 20-20-20. Foram plantadas 20.696 mudas de espécies nativas com altura mínima de 60 cm e espaçamento de 2,0m x 2,0 entre plantas. O manejo adotado nessas áreas consiste de controle mecânico/roçada manual de plantas daninhas, combate às formigas com isca orgânica (BIOISCA), uso do gel hidrorretentor que funciona como uma reserva da água para as mudas e aceiros.

A área de fragmento florestal compreende um remanescente de vegetação secundária de Mata Atlântica em uma área de aproximadamente 2 ha, com características semelhantes aos demais fragmentos florestais presentes na Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta.

Em cada uma das unidades de estudo foram delimitadas 2 parcelas com dimensões de 20m x 25 m (500 m²) cada, sendo divididas em um total de 8 subparcelas de 10m x 12,5 m (125 m²) para cada forma de uso do solo, totalizando 24 subparcelas. No mês de julho de 2017 (época seca) foram coletadas 10 amostras simples de cada subparcela, na profundidade de 0-10 cm, que foram homogeneizadas resultando em uma amostra composta de cada subparcela.

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para as análises químicas e físicas do solo, as amostras foram secas, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha. Para as análises microbiológicas, as amostras foram armazenadas na geladeira em sacos de papel para processamento.

Os teores trocáveis de Ca, Mg, P, K, H + Al e Al do solo, além de pH, C e N foram determinados segundo EMBRAPA (2011) no Laboratório da EMBRAPA Agrobiologia.

Para a determinação dos teores pseudototais dos metais pesados Cd, Pb, Zn, Fe, Cu, Mn e Ni, as amostras de solo foram passadas em peneira de 450 µm e os teores pseudototais desses elementos foram determinados utilizando a metodologia USEPA 3051A (USEPA, 2007), sendo os extratos analisados por espectrofotometria de absorção atômica com chama ar/acetileno.

A respiração basal do solo foi feita de acordo com Silva *et al.* (2007c). A hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) foi determinada pelo método de Schruner; Rosswall (1982).

A determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (N-BMS) e do carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi realizada através do método de extração-fumigação conforme Silva *et al.* (2007a; 2007b), respectivamente.

Para determinação da umidade atual do solo, as amostras coletadas foram secas em estufa a 105°C por 24 horas conforme EMBRAPA (2011).

Os polifenóis solúveis na serrapilheira foram extraídos com metanol a 50 % e determinados por colorimetria, utilizando-se o reagente de Folin-Denis, segundo Anderson; Ingram (1996).

4.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Inicialmente foi aplicado o teste Shapiro Wilk para avaliar a homogeneidade e a normalidade dos dados. Como foram constatados p valor $< 0,05$ admite-se que os dados para os parâmetros avaliados (Ca, Mg, P, K, H + Al e Al, pH, C, N, umidade do solo, Cd, Pb, Zn, Fe, Cu, Mn, Ni, FDA, respiração do solo, C-BMS, N-BMS, polifenóis e tanino) não apresentaram distribuição normal (BROWER; ZAR, 1977).

Para análise dos dados foi utilizada a técnica de ordenação por eixos para dados multivariados através do programa PAST (PAleontologicalStatistical) versão 2,17. A ordenação permite tanto discriminar quanto separar amostras ao longo de eixos. A técnica de ordenação que permite a análise dos componentes principais (Principal Component Analysis – PCA) cria algumas poucas variáveis-chave, reduzindo a ampla dimensão de dados multivariados. É uma técnica para encontrar componentes lineares de variáveis correlacionadas por meio do cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre variáveis. Com a utilização da PCA mantem-se as distâncias euclidianas entre as observações quando se emprega dados multivariados quantitativos (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Paralelamente, utilizou-se a análise de agrupamentos (cluster analysis) do tipo aglomerativa formando-se um dendrograma (diagrama de árvore), em modo R, ou seja, agrupando as parcelas em função dos elementos. A medida de similaridade utilizada foi o índice de correlação, com o método de ligação por agrupamento pareado igualmente ponderado - WUPGMA (GOTELLI; ELLISON, 2011).

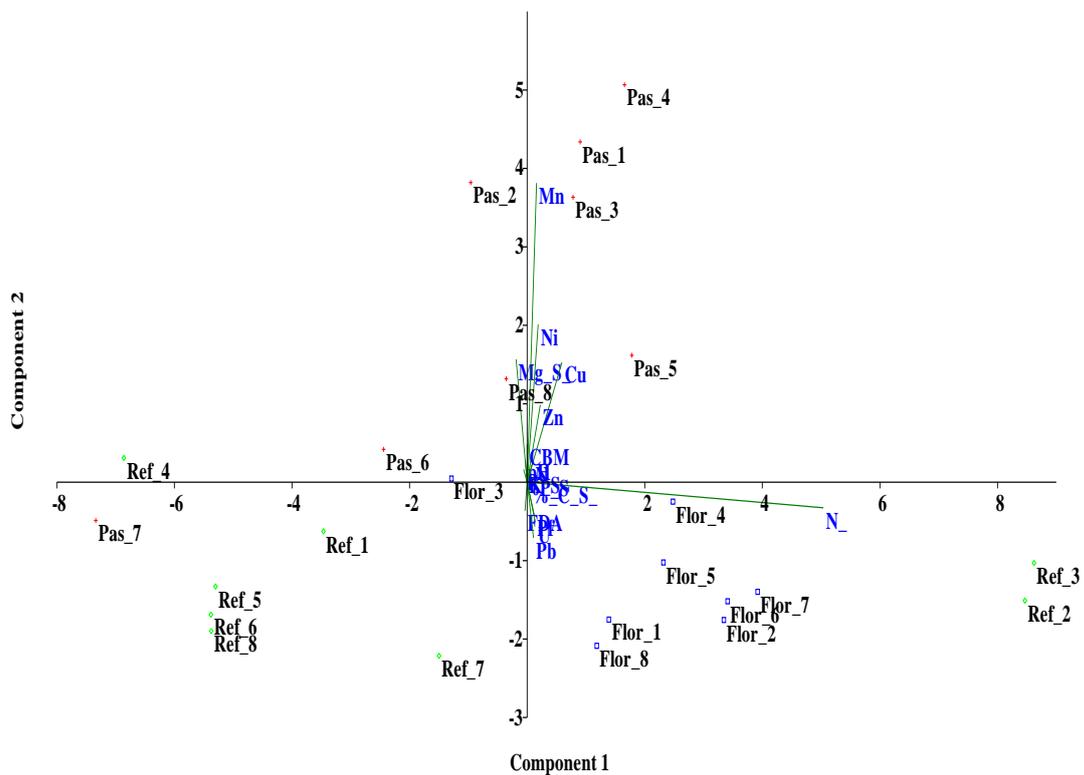
Para essas análises foram consideradas as seguintes variáveis: Mg, P, K do solo, além de pH, C e N, os metais pesados Pb, Zn, Cu, Mn e Ni, respiração basal, umidade, FDA, polifenóis, N-BMS e C-MBS para cada uma das 24 parcelas.

Posteriormente, foram realizados os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e o teste de Mann-Whitney para comparações entre grupos, com correção de Bonferroni para comparações múltiplas (BROWEN; ZAR, 1977).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados da Análise dos Componentes Principais referente às variáveis: Mg, P, K, pH, C, N, Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, respiração basal, umidade, FDA, N-BMS e C-BMS do solo e polifenóis da serrapilheira em relação às três formas de uso do solo: Área de pastagem degradada; Área de pastagem degradada com reflorestamento; Área de fragmento florestal. Essas análises apresentaram 72 % da variância no eixo I, representado pela concentração de nitrogênio do solo, seguido do Mn, com 19% no eixo II, totalizando 91% da variância total.

Figura 2: Ordenação por eixos de dados multivariados de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.



Os maiores valores de nitrogênio (N) no solo foram observados nas áreas de fragmento florestal - Flor e nos pontos de coleta 2 e 3 da área de pastagem degradada com reflorestamento - Ref (Figura 2). Esses maiores teores de N no solo das áreas de fragmento florestal e podem estar relacionados ao maior aporte e diversificação da matéria orgânica do solo, devido a maior diversidade da vegetação nessas áreas, influenciando na qualidade da serrapilheira. Maiores concentrações de N nos solos de fragmentos florestais também foram encontradas em estudos realizados por Carvalho *et al.* (2017) que analisaram áreas de Floresta Estacional Semidecidual e de monocultura, observando que na Mata Atlântica, até a profundidade de 0,3m, ocorre maior retorno do nitrogênio ao solo provavelmente devido à fração folha da serrapilheira.

Os maiores valores de N no solo nos pontos de coleta 2 e 3 da área de pastagem degradada com reflorestamento - Ref provavelmente se devem aos pontos de coleta terem sido mais próximos das covas de plantio de mudas, onde foram realizadas adubação com NPK.

O manganês (Mn) apresentou maior média em área de pastagem degradada (Tabela 1) influenciado, especialmente, pelos pontos de coleta 1, 2, 3 e 4 (Figura 2). Também foram constatados maiores valores de potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e cobre (Cu) nessas áreas (Tabela 1). Esses valores podem estar relacionados com acúmulo de esterco, responsáveis diretamente pela mineralização desses nutrientes.

Tabela 1 – Valores médios e p valor do teste kruskal – Wallis (5%) para os parâmetros químicos e biológicos de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pasto: área de pastagem degradada; Reflorestamento: área de pastagem degradada com reflorestamento; Floresta: área de fragmento florestal.

Variáveis	Pastagem	Reflorestamento	Floresta	Kruskal - Wallis ($p \leq 0,05$)
pH	6,1 ± 0,07	5,14 ± 0,03	4,6 ± 0,13	8,961 E ⁻⁰⁵
C (%)	1,42 ± 0,1	1,37 ± 0,1	1,60 ± 0,1	0,3102
U (%)	21,4 ± 3,2	26,6 ± 1,3	41,9 ± 2,9	0,0006
N (%)	0,18 ± 0,01	0,32 ± 0,12	0,21 ± 0,01	0,0050
P (mg.L ⁻¹)	1,42 ± 0,10	1,37 ± 0,07	1,58 ± 0,10	0,3102
K (mg.L ⁻¹)	200,38 ± 29,6	102,5 ± 10,4	76,6 ± 13,7	0,0008
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	3,9 ± 0,66	0,06 ± 0,03	0,13 ± 0,36	0,0004
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	3,2 ± 0,3	1,9 ± 0,2	2,1 ± 0,4	0,0197
Mn (mg.kg ⁻¹)	358,7 ± 74,5	46,3 ± 5,0	63,7 ± 13,1	0,0004
Cu (mg.kg ⁻¹)	3,62 ± 1,1	1,94 ± 0,6	1,79 ± 0,4	0,5955
Ni (mg.kg ⁻¹)	20,12 ± 6,4	4,93 ± 4,9	50,67 ± 6,3	0,0063
Pb (mg.kg ⁻¹)	5,51 ± 0,7	7,78 ± 0,6	9,12 ± 0,5	0,0050
Polifenóis (%)	4,4 ± 0,5	4,6 ± 0,3	8,2 ± 0,9	0,0004
Tanino (%)	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,32 ± 0,04	0,0004
FDA(μgFluoresc./gSS/h)	103,3 ± 4,9	139,9 ± 7,4	117,6 ± 2,6	0,0027
C-BMS (mg.kg ⁻¹)	124,4 ± 3,1	93,5 ± 4,3	86,4 ± 2,4	0,0004
N-BMS (mg.kg ⁻¹)	16,10 ± 1,8	11,17 ± 1,37	17,52 ± 1,8	0,0461
Resp(mgCO ₂ .g ⁻¹ SS.d ⁻¹)	10,9 ± 0,1	10,5 ± 0,7	8,9 ± 0,6	0,0266

Cada valor corresponde a uma média de 8 repetições ± desvio padrão.

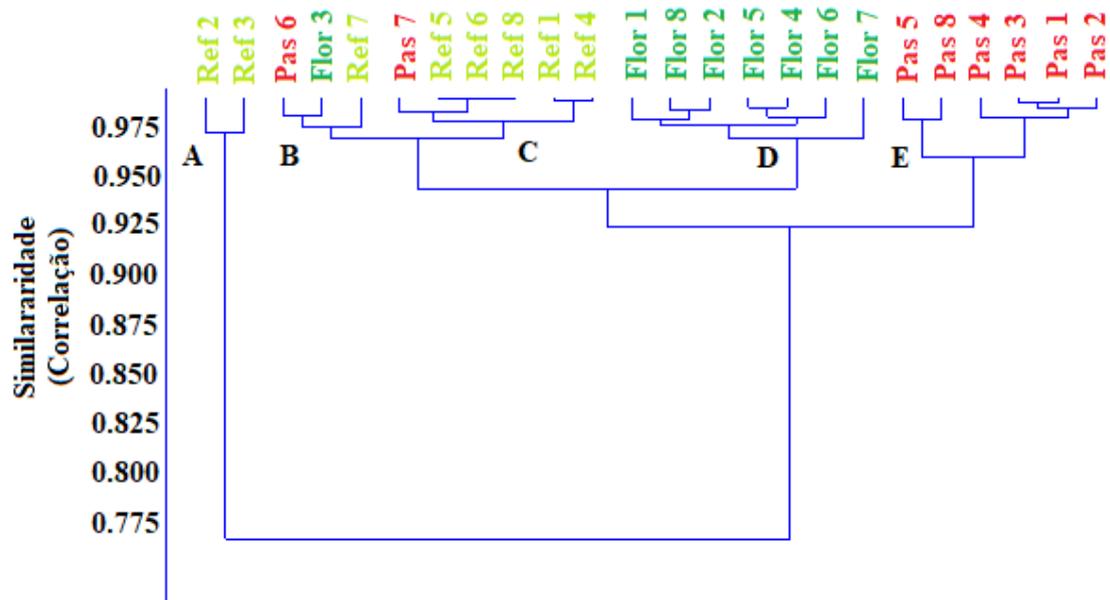
$p \leq 0,05$ no teste Kruskal-Wallis indica diferença significativa a nível de 5% para cada variável entre as diferentes formas de uso do solo.

Na pastagem degradada também foram observados valores mais elevados de pH (Tabela 1), possivelmente associados aos efeitos recorrentes de queimadas. Segundo Ribeiro *et al.* (2017) observa-se valores de pH mais altos pelo efeito das cinzas oriundas de queimadas, que são ricas em elementos como Ca, K e P e acumulam-se na camada superficial do solo.

A análise de agrupamento (Figura 3) mostrou a formação de cinco grupos distintos, denominados A, B, C, D e E, com correlação acima de 0,950, em relação as características similares que esses possuem para as variáveis umidade, pH, N, Mg, P, K Pb, Zn, Cu, Mn e Ni, respiração basal, umidade, FDA, NBM e CMB do solo e polifenóis na serrapilheira. O dendrograma demonstrou que os grupos tiveram bom ajuste com coeficiente de correlação cofenético igual a 0,91, corroborando com o valor de similaridade encontrado. Segundo Santos

e Souza (2018) o coeficiente cofenético mede o grau de ajuste entre a matriz original e a matriz de agrupamentos obtida após a construção do dendrograma, sendo considerado aceitável quando apresenta valor superior a 0,7.

Figura 3: Dendrograma com distância euclidiana de diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta, Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.



O grupo A (Figura 3) foi constituído unicamente pelos pontos Ref 2 e 3, totalmente afastado dos demais grupos, provavelmente devido aos elevados valores de N encontrados nessas áreas (Figura 2) que podem ser atribuídos aos tratos culturais, realizados através de adubação com fertilizante comercial NPK.

O fragmento florestal foi o sistema que apresentou maior homogeneidade entre as amostras coletadas, formando o grupo D, com exceção do ponto no fragmento florestal3 (Flor 3), que se encontra no grupo B (Figura 3). Esses resultados evidenciam a importância dos ecossistemas florestais na estabilidade do ambiente, resultando em maior uniformidade nas características químicas e biológicas do solo. Os teores de nitrogênio no solo e polifenóis na serrapilheira foram importantes variáveis responsáveis pelo agrupamento do fragmento florestal (Tabela 1). Fernandes Guareschi *et al.* (2014) avaliaram os atributos químicos e físicos do solo em área de pastagem e outras três áreas de fragmento de Floresta Estacional

Submontana em diferentes estádios de sucessão no Vale do Paraíba e concluíram que independente do estágio sucessional, a floresta secundária, devido ao maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, possui maiores valores de nitrogênio e carbono em relação às pastagens. Pillon *et al* (2011) encontraram maiores concentrações de nitrogênio total na camada superficial de 0,00 a 0,05 m das áreas florestais, sendo tal concentração favorecida pela adição de resíduos vegetais na serrapilheira.

Como os resultados do teste não paramétrico para medianas iguais dos atributos do solo e serrapilheira em diferentes formas de uso do solo na Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta (Tabela 1) mostram diferenças significativas ($p < 0,05$) para os valores de: pH, umidade, nitrogênio, potássio, magnésio, cálcio, manganês, níquel, chumbo, polifenóis e tanino da serrapilheira, enzimas de atividades microbianas (FDA), carbono da biomassa microbiana, nitrogênio da biomassa microbiana e respiração microbiana do solo, foram realizados os boxplot dessas variáveis apresentados a seguir.

A figura 4 apresenta o boxplot do nitrogênio em relação às três formas de uso do solo onde foi possível observar diferenças entre os ambientes testados, com o fragmento florestal apresentando p - valor menor 0,05 em comparação com a pastagem degradada (Tabela 2).

Figura 4: Boxplot da porcentagem de nitrogênio (N) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

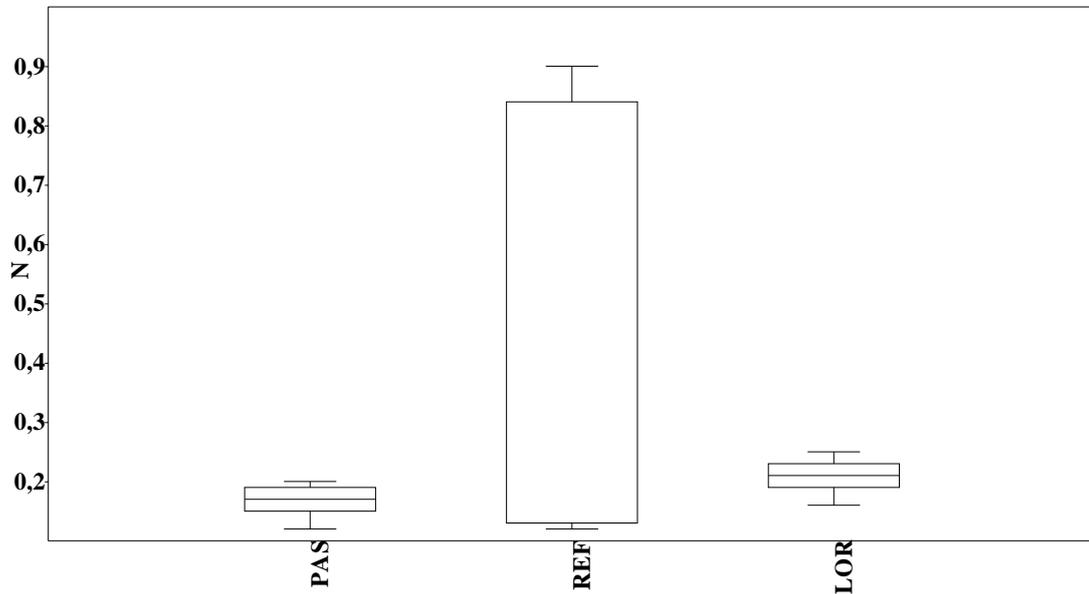


Tabela 2: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de nitrogênio (N) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,3696	0,01511
REF			0,113
FLOR	0,04532	0,3391	

P valor = 0,05314

$\chi^2=5,829$

A partir de análise do boxplot da área de pastagem degradada com reflorestamento (Ref) observa-se grande amplitude nos valores do nitrogênio, podendo significar grande dispersão das concentrações entre os pontos de coleta estudados. Tal ocorrência pode ser explicada devido as maiores concentrações de N nos pontos 2 e 3 da área de pastagem

degradada com reflorestamento possivelmente causado pelos tratos culturais, principalmente ligados a adubação, nos locais coletados.

O fragmento florestal apresentou diferenças significativas de acordo com o teste Mann Whitney e maiores teores em relação ao nitrogênio total (Figura 4). Tal resultado obtido corrobora com Caló (2014) que encontra valores maiores de nitrogênio em áreas florestais do que em pastagens ou em reflorestamentos devido a heterogeneidade da composição arbórea que acarreta melhor qualidade de serrapilheira.

Yagi (2008) concluiu que a capacidade de suprimento de N pela matéria orgânica do solo (MOS) é essencial para a manutenção do aporte deste elemento no solo, pois praticamente todo nitrogênio disponível do solo é proveniente da decomposição e mineralização da MOS. Os teores de N total do solo são índices mais confiáveis do que os de MOS para prever a mineralização líquida do N orgânico principalmente se for a longo prazo. Para Bustamante *et al.* (2012) é imprescindível a manutenção de ecossistemas terrestres como as florestas pois as mudanças no uso da terra são fatores que provocam alterações nos fluxos biogeoquímicos nos ecossistemas e o nitrogênio é particularmente dependente dos processos microbianos. Florestas proporcionam além da estabilidade do clima a retenção do nitrogênio tanto em sua biomassa quanto no solo.

O boxplot dos polifenóis em relação às três formas de uso do solo: Área de pastagem degradada; Área de pastagem degradada com reflorestamento e Área de fragmento florestal é apresentado na Figura 5. Considerando um nível de significância $\alpha = 0,05$ também se constata diferença significativa na concentração de polifenóis entre as três formas de uso do solo (Tabela 3), com as maiores concentrações presentes na serrapilheira da área de fragmento florestal.

Figura 5: Boxplot da porcentagem de polifenóis nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

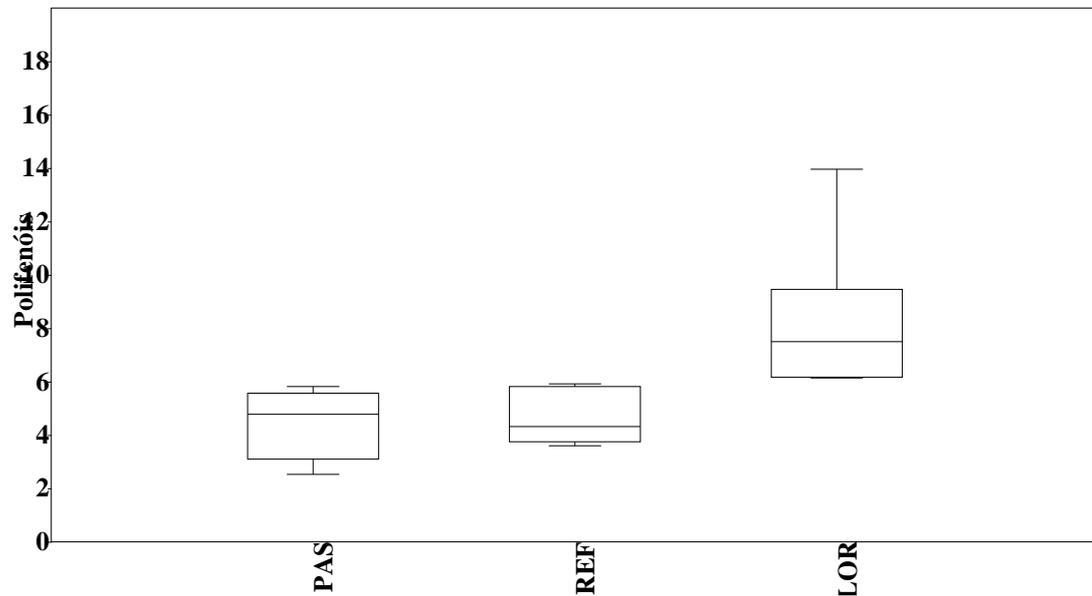


Tabela 3: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de polifenóis na serrapilheira (%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,636	0,0009391
REF	1		0,0009391
FLOR	0,002817	0,002817	

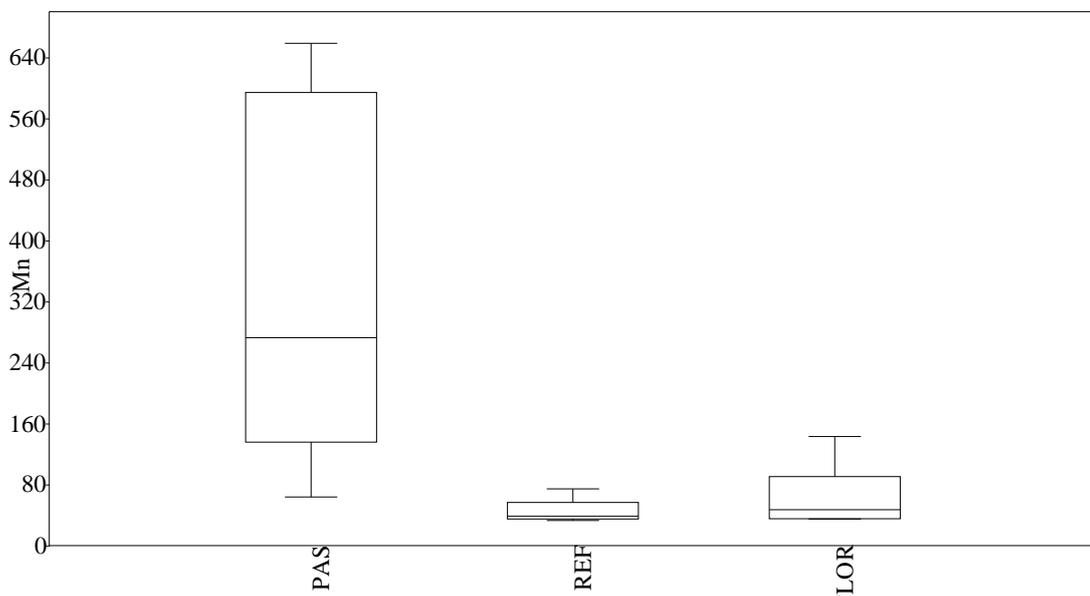
P valor = 0,0004311

$\chi^2=15,48$

Sendo assim, os maiores valores de polifenóis encontrados na serrapilheira nas áreas de fragmento florestal (Tabela 1 e Figura 5) evidenciam maior diversidade deste material, quando comparado as outras formas de uso de solo estudadas.

Com relação aos teores de Mn no solo, a área de pastagem possui maior variabilidade nos valores (Figura 6), corroborando com os dados obtidos na ACP com relação ao provável acúmulo de esterco nos pontos de coleta 1, 2, 3 e 4 (Figura 2). Teores de manganês nos solos podem variar consideravelmente dependendo das características do solo e do teor de matéria orgânica (BOOM,2002). Pesquisas realizadas por Barbosa; Pinheiro; Santos (2019) evidenciaram a ação antrópica na concentração de manganês no solo da ARIE Floresta da Cicuta, com concentrações mais elevadas de Mn ($5.429,3 \text{ mg kg}^{-1}$) em pontos de coleta na borda da Unidade de Conservação.

Figura 6: Boxplot da concentração de manganês (Mn) no solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.



Concentrações médias menores de manganês foram encontradas nas áreas de fragmento florestal e área de pastagem degradada com reflorestamento, não sendo observado diferença significativa entre as concentrações nesses pontos de coleta (Tabela 4).

Tabela 4: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de manganês na serrapilheira (%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,001359	0,003876
REF	0,004078		0,372
FLOR	0,01163	1	

P valor = 0,001111

$\chi^2=13,61$

Resultados semelhantes foram observados com as concentrações de magnésio no solo conforme boxplot da Figura 7. O magnésio também apresentou P - valor menor 0,05 com relação às três áreas estudadas (Tabela 5). A pastagem degradada apresentou teores mais elevados de Mg, com diferenças significativas nas concentrações médias desse elemento em relação à área de Fragmento florestal e área de pastagem degradada com reflorestamento (Tabela 5). Barbosa (2015) analisando o solo da ARIE Floresta da Cicuta também encontrou valores maiores de magnésio nos pontos onde ocorreu maior interferência de atividades humanas devido à localização em áreas limítrofes da Unidade.

Figura 7: Boxplot da concentração de magnésio (Mg) no solo ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

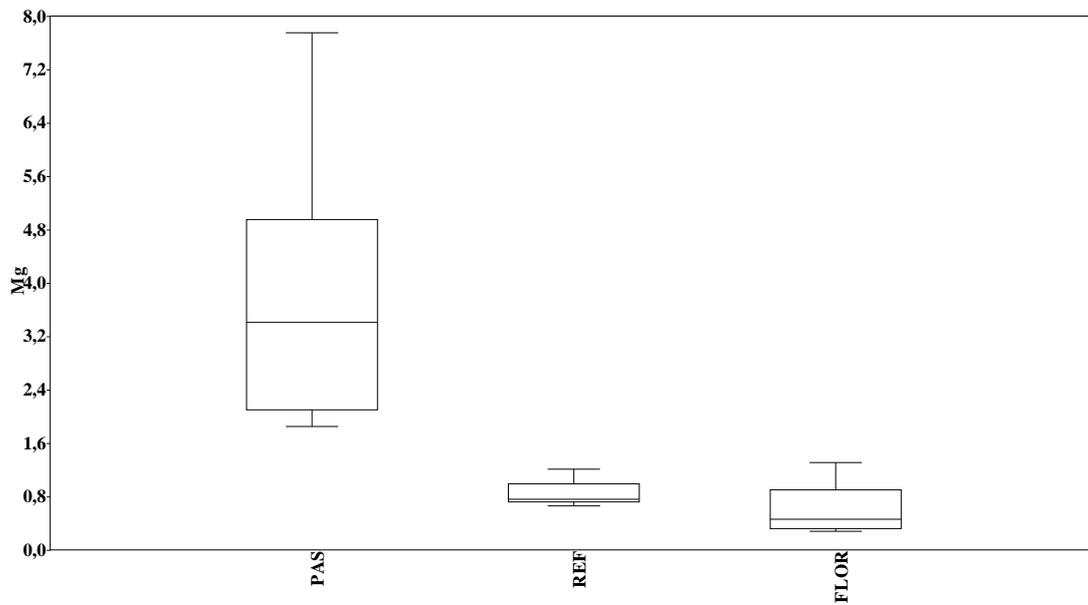


Tabela 5: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de magnésio (Mg) no solo ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,000931	0,0009391
REF	0,002793		0,3717
FLOR	0,002817	1	

P valor = 0,000376

$\chi^2=15,77$

Na figura 8 observa-se diferenças significativas de acordo com o teste Mann Whitney com relação ao pH para as três áreas em estudo. Os menores valores de pH no fragmento

florestal (Figura 8 e Tabela 6) corroboram com os resultados de Iarema *et al.* (2011), que afirmam que o pH mais ácido evidencia presença de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica, especialmente da serrapilheira. Barbosa (2015) também encontrou menores valores de pH nas amostras coletadas em áreas florestadas dentro da ARIE Floresta da Cicuta e maiores valores nas áreas mais nas bordas da UC como a entrada e a Porteira da Fazenda.

Figura 8: Boxplot dos valores de pH do solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

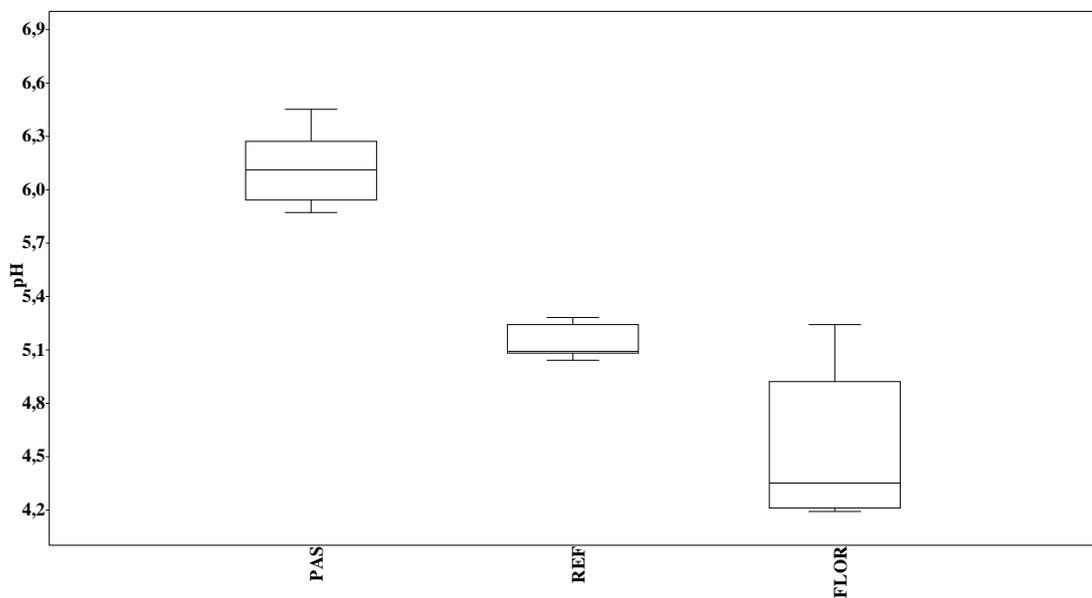


Tabela 6: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da porcentagem de pH do solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,0009229	0,000931
REF	0,002769		0,008554
FLOR	0,002793	0,02566	

P valor = 8,981E-05

$\chi^2=18,61$

Na figura 9 observa-se no boxplot diferenças significativas de acordo com o teste Mann Whitney com relação ao C-BMS para as três formas de uso do solo. As maiores concentrações de C-BMS foram encontradas nas áreas de pastagem degradada, mostrando uma maior presença significativa de microrganismos nessas áreas quando comparadas às demais formas de uso do solo estudadas (Tabela 7). No entanto, independente da pastagem degradada apresentar maiores teores, todos os valores apresentam-se muito baixos quando comparados a dados de literatura. Silva *et al.* (2012) analisaram pastagens, áreas agrícolas e fragmentos florestais em diferentes estádios sucessionais e encontraram maiores teores de C-BMS nas pastagens com a média obtida em torno de 423 mg.kg⁻¹ na época seca. Presume-se que os resultados encontrados pelos autores tenham relação com as gramíneas que são plantas C4 e podem aportar mais carbono no solo.

Figura 9: Boxplot dos valores de carbono da biomassa microbiana (C-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

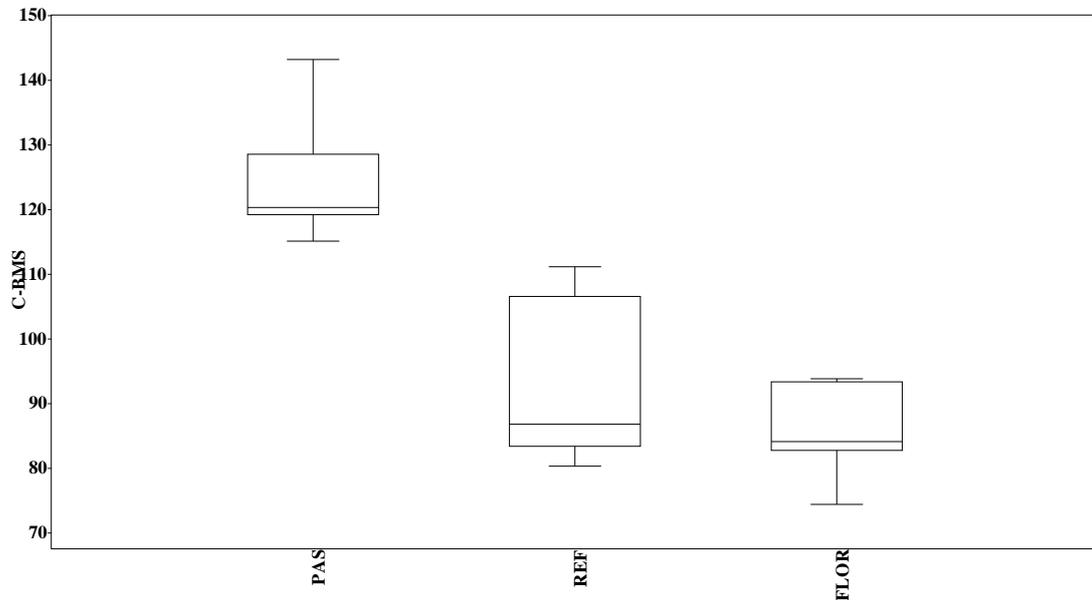


Tabela 7: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da dos valores de carbono da biomassa microbiana (C-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,0009391	0,0009391
REF	0,002817		0,4309
FLOR	0,002817	1	

P valor = 0,0003937

$\chi^2=15,68$

Esperava-se de acordo com a literatura que a área de Fragmento Florestal em estudo obtivesse um resultado mais representativo do C-BMS, no entanto esses valores foram baixos, demonstrando que o Fragmento Florestal também pode se encontrar em estágio de degradação.

Guimarães *et al.* (2017) constatam maiores taxas de C-BMS em fragmentos florestais (796,83 $\mu\text{gC.g}^{-1}$ solo seco) e em sistemas de cultivo de café consorciados com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens* (701,62 $\mu\text{gC.g}^{-1}$ solo seco), comparados com monoculturas de café (359,60 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e áreas de pousio (689,40 $\mu\text{gC.g}^{-1}$ solo seco). Segundo esses autores, a diversificação estimula a biomassa microbiana do solo, pois o Fragmento Florestal apresentou os melhores valores.

Monteiro e Gama-Rodrigues (2004) analisaram que a qualidade nutricional e orgânica da serrapilheira influencia a atividade da biomassa microbiana, pois na serrapilheira concentram-se os organismos responsáveis pela fragmentação física e decomposição química das cadeias carbônicas. Concluíram que a análise de agrupamentos dos atributos como carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana da serrapilheira ao contrário da análise dos valores absolutos, apresentaram um melhor resultado do sistema solo-serapilheira para compreensão da dependência destes atributos e a funcionalidade dos ecossistemas.

Gama-Rodrigues *et al.* (2008) pesquisaram coberturas florestais e plantações de eucalipto em Guanhães (MG) e Lençóis Paulistas (SP) com relação ao C-BMS e o carbono da biomassa microbiana da serapilheira (C-BMSE). Concluíram que em Guanhães, onde o solo é mais argiloso, o C-BMS apresentou teores maiores que o C-BMSE, demonstrando que solos argilosos favorecem mais a atividade microbiana do que solos arenosos. Como a textura do solo da área de estudo apresenta maior contribuição da fração areia (61,9 %), a produção microbiana do solo fica mais dependente da matéria orgânica do solo para o aumento de sua atividade.

O boxplot da evolução de CO_2 nas três formas de uso do solo: Área de pastagem degradada; Área de pastagem degradada com reflorestamento e Área de fragmento florestal é apresentado na Figura 10. Observa-se diferenças significativas entre as diferentes formas de uso do solo, com taxas de evolução de CO_2 menores nas áreas de fragmento florestal que obteve a menor distribuição com relação a essa variável (Tabela 8). A respiração basal do solo pode ser influenciada diretamente por algumas características abióticas do solo, como umidade e disponibilidade de carbono e, segundo Braga *et al.* (2015) a respiração basal pode ser usada como indicativo da decomponibilidade da serrapilheira e da capacidade do sistema em promover a ciclagem dos nutrientes. Apesar das maiores porcentagens de umidade nas áreas de fragmento florestal e teores de carbono semelhantes entre as três formas de uso do solo (Tabela 1), esse fato não refletiu no maior potencial de evolução de CO_2 nesta área, o que pode ser um indicativo de stress, à nível de comunidades microbianas. Valentini; Abreu; Faria (2015)

analisando uma área revegetada e outra antropizada, distantes entre si duzentos e vinte metros, concluíram que a revegetação foi determinante para o restabelecimento da comunidade da fauna do solo pois a respiração apresentou-se maior na área revegetada. Avaliou também que na área antropizada, durante o pico da precipitação local, houve uma diminuição da respiração do solo, indicando a importância da camada de serrapilheira para a microbiota local, ocasionado pelas perdas da matéria orgânica do solo. Os autores evidenciaram a importância de se revegetar áreas antropizadas, visto que com o tempo o estoque de carbono no solo e ciclagem de nutrientes serão restabelecidos. Rosa *et al.* (2003) analisam que as populações microbianas do solo de florestas nativas são favorecidas pelas condições ambientais como temperatura e umidade, além do maior incremento de matéria orgânica.

Figura 10: Boxplot da respiração basal (mg CO_2) do solo ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{SS} \cdot \text{d}^{-1}$) nas diferentes formas de uso em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

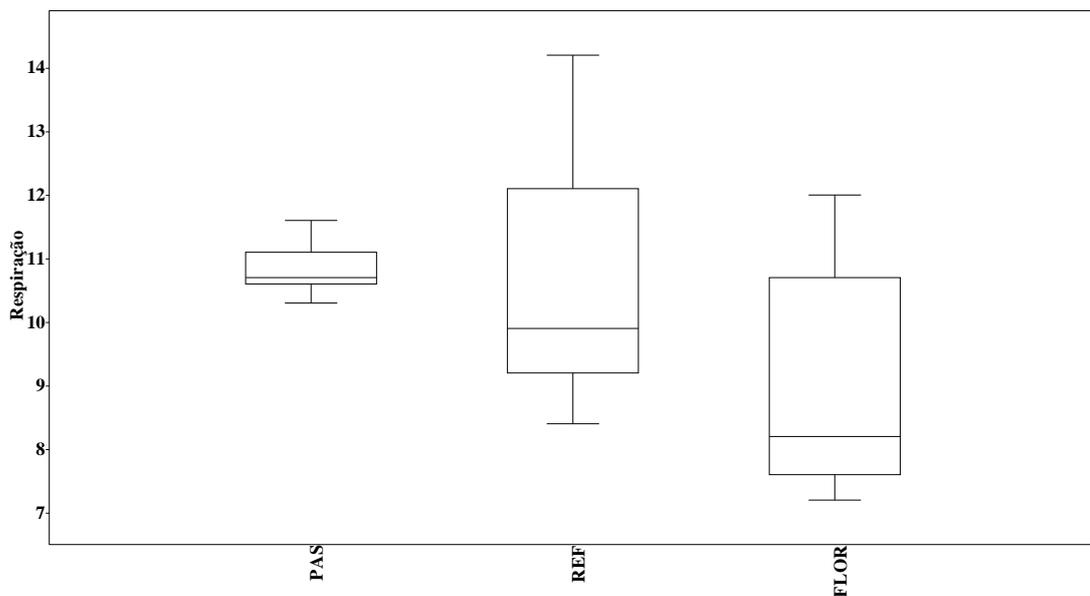


Tabela 8: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância da respiração basal (mg CO₂) do solo (mgCO₂.g⁻¹SS.d⁻¹) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,1031	0,03058
REF	0,3092		0,06588
FLOR	0,09174	0,1976	

P valor = 0,0266

$\chi^2=7,235$

Por outro lado, menores taxas de evolução de CO₂ podem ser indicativos de maior estabilidade do ambiente envolvido. Barbosa (2015) analisando o solo da ARIE Floresta da Cicuta encontrou que as áreas mais internas e de menor interferência antrópica na Floresta apresentaram os menores valores de respiração basal do solo e menor variação entre época seca e úmida.

O fato da área de pastagem degradada apresentar maiores teores médios de evolução de CO₂ pode ter ligação com dois fatores como a respiração radicular das gramíneas C4 e porque os microrganismos decompositores estão se alimentando dessas gramíneas, contribuindo com maior aporte de carbono no solo (SALIMON, 2003). O fato das gramíneas estarem em constante crescimento tende a influenciar também a atividade biológica no solo. Por isso a respiração não deve ser utilizada isoladamente para analisar processos edáficos pois quaisquer alterações que causam estresse na microbiota do solo promovem aumento na atividade respiratória até como forma de sobrevivência (PEIXOTO, 2010).

Pela razão entre respiração basal do solo e carbono da biomassa microbiana pode ser obtido o quociente metabólico (qCO₂), que é usado para estimar a eficiência de uso do substrato pelos microrganismos do solo. Os menores valores médios de qCO₂ foram observados nas áreas de pastagem degradada (0,0876) quando comparados com a área de Fragmento Florestal (0,1030) e pastagem degrada com reflorestamento (0,1123), evidenciando uma maior atividade de microrganismos na área de pastagem degradada.

Na Figura 11 observa-se no boxplot diferenças de acordo com o teste Mann Whitney com relação ao N-BMS para as três áreas em estudo, sendo que as maiores concentrações foram

encontradas na área de fragmento florestal, com diferença significativa quando comparada a área de pastagem degradada com reflorestamento (Tabela 9).

Figura 11: Boxplot dos valores de nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

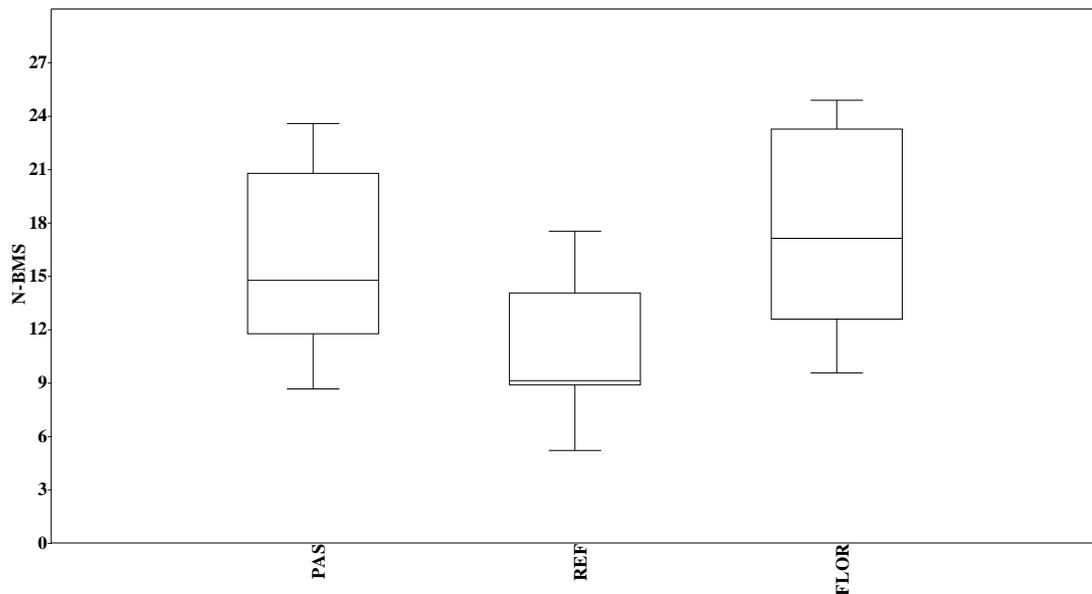


Tabela 9: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância dos valores de nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) do solo (mg.kg^{-1}) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,1036	0,5665
REF	0,3107		0,01813
FLOR	1	0,05439	

P valor = 0,04607

$$\chi^2=6,155$$

Fernandes *et al.* (2011) pesquisando em três áreas, sendo duas degradadas e uma floresta secundária concluiu que a floresta possuía maior valor de carbono ($455,44 \mu\text{g.g}^{-1}$) e nitrogênio ($336,69 \mu\text{g.g}^{-1}$) da biomassa microbiana que as demais. De acordo com Matoso *et al.* (2012) a vegetação nativa apresentou maiores teores de N-BMS ($39,03 \text{mg.kg}^{-1}$) e C-BMS ($503,43 \text{mg.kg}^{-1}$) que o solo sob pastagem com N-BMS ($18,34 \text{mg.kg}^{-1}$) e C-BMS ($387,15 \text{mg.kg}^{-1}$) na profundidade de 0 a 10 cm, devido à maior diversidade de matéria orgânica incorporada ao solo o que facilitou maior imobilização dos nutrientes. O maior acúmulo de C e N pela biomassa microbiana, aliado ao menor revolvimento do solo em fragmentos florestais implica em melhores condições para a microbiota.

No entanto, apesar dos maiores valores de N-BMS na área de Fragmento Florestal, esses são baixos quando comparados a dados de literatura, evidenciando que mesmo os Fragmentos Florestais nessas áreas podem se encontrar em um estágio de degradação. Silva *et al.* (2012) analisaram diversos tipos de fragmentos em diferentes estádios sucessionais e a média obtida estava em 40mg.kg^{-1} na época seca. Mazzetto *et al.* (2016) encontram médias de N-BMS de $37,89 \text{mg.kg}^{-1}$ em áreas nativas.

Na Figura 12 observa-se no boxplot diferenças de acordo com o teste Mann Whitney com relação ao FDA para as três áreas em estudo, sendo que as maiores concentrações de FDA foram encontradas nas áreas de pastagem degradada com reflorestamento (Tabela 10). O FDA é um indicador da atividade microbiológica, mas não pode ser considerada específica apenas de atividades enzimáticas de bactérias e fungos, mas também por algas e protozoários (PEREIRA *et al.* 2004; SILVA; SIQUEIRA, COSTA 2004). Apesar das atividades microbiológicas usualmente serem maiores em áreas com vegetação nativa e incluir reações metabólicas celulares, suas interações e processos bioquímicos, não se pode descartar que as roçadas e o preparo do solo com abertura das covas durante o reflorestamento tenham contribuído para a maior atividade microbiológica (MATOSO, 2012), indicada pelo FDA pois alterações antrópicas podem provocar stress na microbiota e, conseqüentemente, aumentar as concentrações de FDA (PEIXOTO, 2010).

Figura 12: Boxplot das concentrações de FDA ($\mu\text{gFluoresc.g}^{-1}\text{SS.h}^{-1}$) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

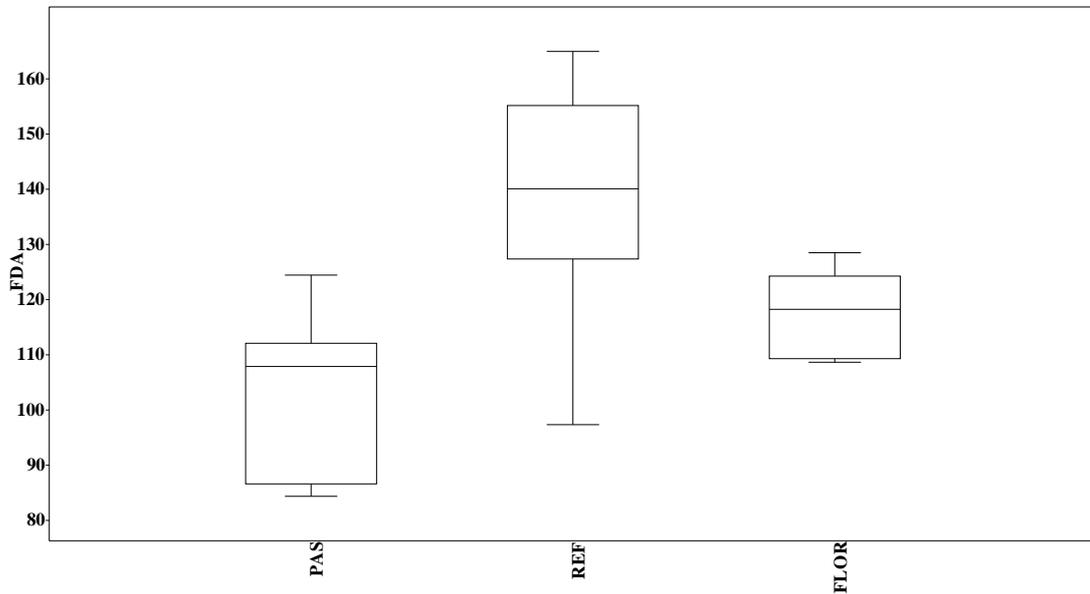


Tabela 10: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância das concentrações de FDA ($\mu\text{gFluoresc.g}^{-1}\text{SS.h}^{-1}$) no solo nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,005385	0,04057
REF	0,01615		0,01813
FLOR	0,1217	0,05439	

P valor = 0,02746

$\chi^2=11,79$

Na Figura 13 observa-se no boxplot diferenças de acordo com o teste Mann Whitney com relação à umidade para as três áreas em estudo, sendo que as maiores porcentagens de umidade foram encontradas no fragmento florestal (Tabela 11). Santos; Montenegro; Silva (2011) analisaram parcelas florestadas e solo descoberto e identificaram que a serrapilheira

contribuiu para a manutenção da umidade do solo. Os autores também observaram que a umidade do solo é influenciada por diversos fatores, mas a vegetação tem um papel imprescindível para a contenção do escoamento superficial e concomitantemente, no incremento na umidade. Percebe-se então, a importância deste fragmento florestal para proteção do solo contra a erosão.

Figura 13: Boxplot das porcentagens de umidade de solo (U%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

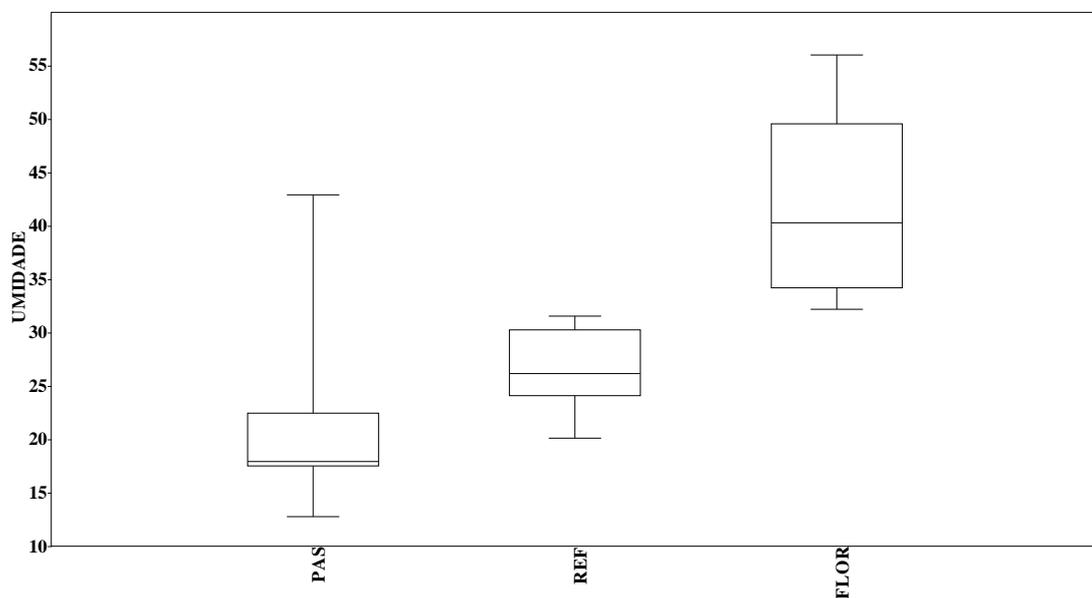


Tabela 11: Teste de Kruskal-Wallis e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas a 5% de significância das porcentagens de umidade de solo (U%) nas diferentes formas de uso do solo em Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta. Pas: área de pastagem degradada; Ref: área de pastagem degradada com reflorestamento; Flor: área de fragmento florestal.

	PAS	REF	FLOR
PAS		0,02395	0,005385
REF	0,07185		0,0009391
FLOR	0,01615	0,002817	

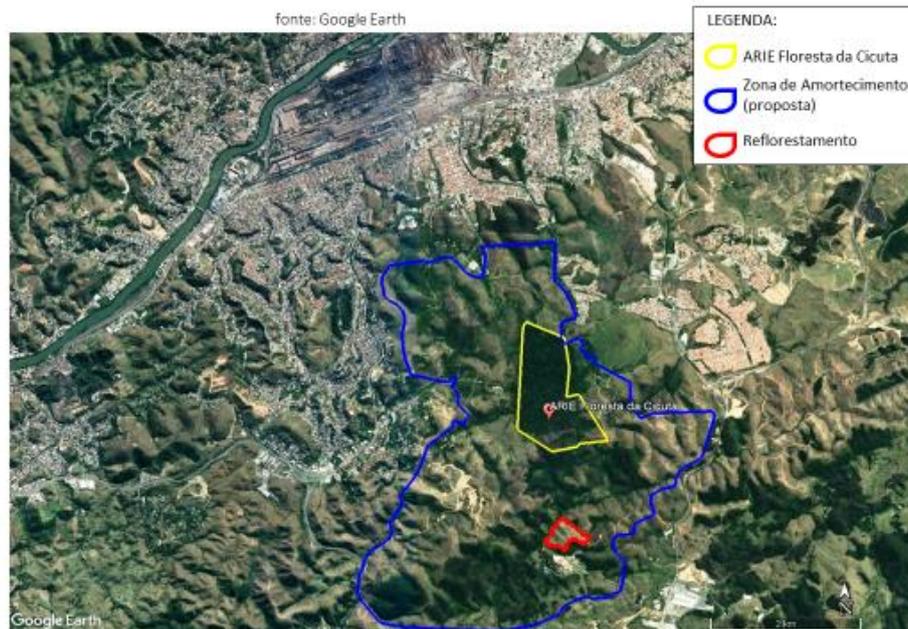
P valor = 0,005657

$\chi^2=14,96$

Apesar do maior agrupamento e das maiores concentrações de umidade, de N no solo e polifenóis na serrapilheira das áreas de fragmento florestal, esses valores não refletiram em um maior desenvolvimento da biomassa microbiana evidenciado pelos valores de C-BM, N-BM, respiração basal e FDA. As mudanças no uso do solo e na cobertura florestal, nas últimas décadas, têm provocado taxas aceleradas de fragmentação de habitats que deixam os solos vulneráveis e causando desequilíbrios na dinâmica do nitrogênio e carbono nas camadas mais superficiais (SANTOS,2017), sendo uma explicação plausível para os baixos teores de C-BMS e N-BMS das amostras analisadas. Esses resultados mostram que mesmo o Fragmento Florestal pode se encontrar em um estágio de degradação nessa área de estudo, provavelmente devido ao pequeno tamanho da área remanescente (aproximadamente 2 ha), sofrendo um efeito de borda, devido a todas as condições de degradação presentes. Em estudos realizados por Chirol; Netto; Pérez (2018), no Maciço da Tijuca (RJ), foram observados que em áreas de borda a substituição de espécies climáticas para espécies pioneiras provoca desajustes nos nutrientes do solo e tais efeitos podem ser propagados para as florestas adjacentes.

A Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta (Figura 14) apresenta cerca de 1500 hectares, sendo 622,52 ha de área florestada e 887,48 de outros usos (pasto, ocupação urbana e atividades industriais), ou seja, menos de 50% da Zona de Amortecimento apresenta áreas florestadas. Além disso, essa área florestada se apresenta totalmente fragmentada, sendo composta por 31 fragmentos florestais com tamanho médio de 20 ha, variando entre 0,43 e 144 ha, o que tende a aumentar a influência do ambiente externo nesses fragmentos, levando a sua degradação. Esses resultados evidenciam a importância de recuperação dessas áreas, formando corredores biológicos com o objetivo de interligar os fragmentos florestais presentes. A ARIE Floresta da Cicuta é a única UC sob tutela federal do tipo Floresta Estacional Semidecidual Submontana no estado do Rio de Janeiro. Necessita de ampliação para propiciar a efetiva proteção desses últimos remanescentes de modo a garantir a perenidade de seus múltiplos serviços ecossistêmicos.

Figura 14: Área da Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta.



Alguns critérios devem ser adotados como o impedimento de fatores de estresse, como fogo, e super exploração das áreas em regeneração. De acordo com Isernhagen *et al.* (2009) pode-se enriquecer um fragmento florestal com introdução de espécies em áreas com vegetação nativa e com baixa diversidade florística. Mas, para o sucesso de toda essa restauração florestal faz-se necessário a criação de uma zona tampão no entorno do fragmento florestal que impeça atividades como uso do fogo, aplicação de herbicida e processos erosivos. Por isso, torna-se necessário a criação de corredores ecológicos que possibilitem a ampliação da interconectividade entre o fragmento florestal com os demais usos do solo.

Os pequenos fragmentos florestais existentes no Brasil representam ainda a principal forma disponível de conservação dos ecossistemas. Esses remanescentes apresentam uma grande heterogeneidade que se reflete na composição de espécies arbóreas, da serapilheira, da comunidade edáfica, epífitas e outros que aumentam a diversidade de nichos e a colonização da vida silvestre. Torna-se necessário a compreensão desses mecanismos para proposição de políticas de conservação e recuperação dessas áreas. (MACHADO *et al.* 2008, ENGEL; PARROTA,2008).

Os teores de nutrientes do solo e, principalmente os parâmetros microbiológicos, indicaram, de maneira geral, que todas as três áreas em estudo da Zona de Amortecimento da Arie Floresta da Cicuta apresentam-se degradadas. Porém, faz-se necessário um conhecimento

critério dos componentes edáficos para melhor avaliar o estado de conservação destes remanescentes de modo a auxiliar na restauração e a reconectividade entre os 31 fragmentos existentes na Zona de Amortecimento, que perfazem 622,52 hectares de área florestada.

O uso de indicadores funcionais permite a avaliação do nível de degradação dos habitats quanto do status da biodiversidade, tanto intraecossistema, genética e de espécies, como interecossistema, na escala da paisagem dos ecossistemas ou de seus fragmentos. O estudo de populações e comunidades dão os subsídios para que esses indicadores sejam globais, sintetizando os processos fundamentais de produtividade e da dinâmica de decomposição (PESSOA; CESÁRIO; CASTRO – JÚNIOR, 2012).

Estudos futuros são imprescindíveis para compreensão e definição de estratégias de manejo com base na diversidade funcional dos remanescentes na Zona de Amortecimento da ARIE da Cicuta. Segundo Cianciaruso; Silva; Batalha (2009) a diversidade funcional refere-se também a maior dispersão de espécies que influenciam na comunidade.

Da mesma forma, conforme Brancalion *et al.* (2010) a crescente preocupação da sociedade é de grande poder para fazer valer os instrumentos legais de restauração ecológica, que são ferramentas imprescindíveis de políticas ambientais.

6. CONCLUSÃO

As diferentes formas de uso do solo estudadas em Áreas de Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta (área de pastagem degradada; área de pastagem degradada com reflorestamento; área de fragmento florestal) influenciaram as características químicas e biológicas do solo, evidenciando menores valores de pH e maiores teores de carbono orgânico e umidade do solo, além de maiores concentrações de polifenóis na serrapilheira nas áreas de Fragmento Florestal.

A área de Fragmento Florestal, apesar de apresentar uma maior homogeneidade nas características químicas e biológicas dos solos quando comparadas a área de pastagem degradada e a área de pastagem degradada com reflorestamento, apresentaram baixos valores de variáveis relacionadas ao desenvolvimento da biomassa microbiana (C-BMS, N-BMS, FDA, respiração basal), demonstrando que essas áreas não estão sendo suficientes para a estabilidade do bioma nesta região, provavelmente devido ao seu reduzido tamanho.

Os maiores valores de polifenóis nas áreas de Fragmento Florestal evidenciaram maior diversidade da serrapilheira nesse tipo de uso de solo.

Os indicadores químicos e biológicos estudados mostraram ser ferramentas úteis para o monitoramento da qualidade do solo na Zona de Amortecimento da ARIE Floresta da Cicuta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Sandro Leonardo; ZAÚ, André Scarambone. **A importância da Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta (RJ) na conservação do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940).** Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 25, n. 1, p.41-48, Jan-Jun, 2005.

ANDERSON, Jonathan Michael; INGRAM, John S.I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods.** 2 ed. Wallingford, UK CAB International; 1996. 237p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/John_Ingram5/publication/232141777_Tropical_Soil_Biology_and_Fertility_A_Handbook_of_Methods/links/589b556592851c942ddad326/Tropical-Soil-Biology-and-Fertility-A-Handbook-of-Methods.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. **Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo.** Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, Jul/Set 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>. Acesso em: 28 de agosto de 2018.

ARAÚJO, Edson Alves de; KER, João Carlos; NEVES, Júlio César Lima; LANI, João Luiz. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação.** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v.5, n.1 jan/abr. 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1658/1686>. Acesso em: 06 de maio de 2018.

BARBOSA, Daniele Rodrigues. **Diagnóstico do Solo de Fragmento de Mata Atlântica em Área Urbana.** Volta Redonda, 2015. 124 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade Federal Fluminense, 2015. Disponível em: <http://www.pgta.uff.br/images/stories/dissertacoes/PGTA%20002.Daniele%20Rodrigues%20Barbosa.pdf>. Acesso em: 15 de dezembro de 2018.

BARBOSA, Daniele Rodrigues; PINHEIRO, Helena Saraiva; SANTOS, Fabiana Soares dos. **Seasonal Variability of Trace Elements by Soil Depth in a Protected Area.** Floram: Floresta e Ambiente. v. 26, 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.020317>.

BASSO, Claudir José; CERETTA, Carlos Alberto; FLORES, Érico Marlon de Moraes; GIROTTO, Eduardo. **Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquido de suínos.** *Cienc. Rural* [online]. Santa Maria, 2012. vol.42, n.4, p.653-659. abril/2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000400012. Acesso em: 15 de março de 2018.

BRAGA, Rafael Malfitano; VENTURIN, Nelson; SILVA, Carlos Alberto; MOREIRA, Fátima Maria de Souza; BRAGA, Francisco de Assis. **Biomassa e Atividade microbiana do Solo sob Diferentes Coberturas Vegetais.** XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, agosto, 2015. 5 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330541281_Biomassa_e_atividade_microbiana_do_solo_sob_diferentes_coberturas_florestais>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

BRANCALION, Pedro Henrique Santim; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLFI, Sergius; KAGEYAMA, Paulo Yoshio; NAVE, André Gustavo; GANDARA, Flavio Bertin, BARBOSA, Luiz Mauro; TABARELLI, Marcelo. **Instrumentos Legais podem contribuir para a Restauração de Florestas Tropicais Biodiversas**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.455-470, 2010. Disponível em: https://bdpi.usp.br/bitstream/handle/BDPI/4751/art_RODRIGUES_Instrumentos_legais_podem_contribuir_para_a_restauracao_2010.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

BEIROZ, Helio. **Zonas de amortecimento de Unidades de Conservação em ambientes urbanos sob a ótica territorial: reflexões, demandas e desafios**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 35, p. 275-286, dez. 2015. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, agosto de 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v35i0.38253>.

BOOM, Robin. **Solo Saudável, Pasto Saudável, Rebanho Saudável - A Abordagem Equilibrada**. Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte 02 de setembro à 15 de outubro de 2002 — EMBRAPA, Concórdia – SC, 2002. 13 p. Disponível em: <https://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/03pt03.pdf>. Acesso em 10 de janeiro de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Diário Oficial da União. Brasília, DF, 18 de Julho de 2000. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. ICMBio. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo ARIE Floresta da Cicuta**. Volta Redonda, Janeiro 2016. 118 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto Radam brasil**, Rio de Janeiro/Vitoria. Geologia Geomorfologia Pedologia Vegetação Uso Potencial da Terra .p. 338 Rio de Janeiro, 1983. 780 p.

BROWER, James E; ZAR, Jerrold H. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**. Boston, Massachusetts, William C. Brown Company, Dubuque, 1977. 288 p

BUSTAMANTE, Mercedes M. C.; NARDOTO, Gabriela Bielefeld; PINTO, Alexandre de Siqueira.; REZENDE, Júlio Carlos. França; TAKAHASHI, Frederico Scherr Caldeira; VIEIRA, Ludgero Cardoso Galli. **Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems**. Brazilian Journal of Biology, v.72, p.655-671, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842012000400005. Acesso em 07 de janeiro de 2019.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; MARQUES, Renato; SOARES, Ronaldo Viana, BALBINOT, Rafaelo. **Quantificação de Serapilheira e de Nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana** Rev. Acadêmica, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007– Paraná 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v5i2.9720>.

CALÓ, Luana Oliveira. **Atributos Químicos E Biológico Do Solo Em Áreas De Restauração Florestal**. Jerônimo Monteiro, 2014. 111p. Dissertação (Ciências Florestais). Universidade Federal Do Espírito Santo, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/5045>. Acesso em 06 de janeiro de 2019.

CARVALHO, Daniel Costa de; PEREIRA, Marcos Gervasio; GUARESCHI, Roni Fernandes; SIMON, Cátia Aparecida; TOLEDO, Luciano de Oliveira; PICCOLO, Marisa de Cássia. **Carbono, Nitrogênio e Abundância Natural de $\delta^{13}C$ do Solo em Coberturas Florestais**. FLORAM, Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.009315>.

CARVALHO FILHO, Amaury de; LUMBRERAS, José Francisco; SANTOS, Raphael David dos. Os Solos do Estado do Rio de Janeiro. **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro** EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1 ed. p.11 Brasília: CPRM, 2000, v.1, p. 1-45. DOI:<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1090208>.

CHÁVEZ, Luis Fernando; ESCOBAR, Luisa Fernanda; ANGHINONI, Ibanor; CARVALHO, Paulo César de Faccio; MEURER, Egon José. **Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo** Pesquisa agropecuária Brasil. vol.46 no.10. Brasília Outubro/2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000020>.

CHIROL, Achilles d'Avila; NETTO, Ana Luiza Coelho; PÉREZ, Daniel Vidal. **Relações solo-fauna durante sucessão florestal em áreas de clareiras por movimento de massa em Mata Atlântica** REGNE, Vol. 4, n. Especial, p. 1- 26, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/16080>. Acesso em: 28 de janeiro de 2019.

CIANCIARUSO, Marcos Vinícius; SILVA, Igor Aurélio; BATALHA, Marco Antonio. **Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades**. *Biota Neotropica.*, vol. 9, no. 3 Junho 2009. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/pt/fullpaper?bn01309032009+pt>. Acesso em: 28 de janeiro de 2019.

COSTA, Nadja Maria Castilho; COSTA, Vivian Castilho da; VALIM, Cíntia Bahiense de; SOUZA, Ana Carolina Cardoso Carracena de; SALES, Antônio Carlos de Gois. **Significado e Importância da zona Amortecimento de Unidades de Conservação Urbanas: O Exemplo do Entorno das áreas Legalmente Protegidas da Cidade do Rio de Janeiro** *Revista Geo UERJ*, v.1, 17, 2007. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/1298>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2018.

CUNHA, José Maurício; GAIO, Denilton Carlos; CAMPOS, Milton César Costa; SOARES, Marcelo D Rodrigues, SILVA, Douglas Marcelo Pinheiro; LIMA, Alan Ferreira Leite. **Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia**. *Revista Ambiente & Água* vol.12 no.2 Taubaté Mar/Abr 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1890>.

CYSNEIROS, Vinícius Costa; MENDONÇA-JUNIOR, Joaquim de Oliveira; GAUI, Tatiana Dias; BRAZ, Denise Monte. **Diversity, community structure and conservation status of an Atlantic Forest fragment in Rio de Janeiro State, Brazil.** *Biota Neotropica* v.15 n.2 Campinas 2015 June, 2015. DOI: [dx.doi.org/10.1590/1676-060320150132](https://doi.org/10.1590/1676-060320150132).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2.ed. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 19 p.

ENGEL, Vera Lex; PARROTA, John A. Definindo a Restauração Ecológica: Tendências e Perspectivas Mundiais. *In*: KAGEYAMA, Paulo Yoshio; OLIVEIRA, Renata Evangelista de; MORAES, Luiz Fernando Duarte de; ENGEL, Vera Lex; GANDARA, Flávio Bertin (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.** São Paulo: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais – FEPAF 2008. 340 p. cap. 1, p. 01 – 26.

FARIA, Maurício Jorge Bueno. **Florística e estrutura de um trecho da borda de um Fragmento de Mata Atlântica no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, nos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa – RJ.** Seropédica; UFRRJ, 2005. 58p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). INSTITUTO DE FLORESTAS CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS UFRRJ, Seropédica. 2005. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp027494.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

FERNANDES GUARESCHI, Roni; PEREIRA, Marcos Gervasio; MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel, ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes. **Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional.** *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Argentina.* vol 113, 2014. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42050>. Acesso em: 28 de dezembro de 2018.

FERNANDES, Milton Marques; MOURA, Márcia Rodrigues de; LIMA, Rissele Paraguai; NÓBREGA, Rafaela Simão Abrahão. **Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana e do Solo de uma Área Degradada Revegetada com Tamboril no Sul do Piauí.** *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Garça, São Paulo* Ano IX - Volume 18 – Número 1 – Agosto 2011. 9 p. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/X5kLQSk67rNyTzY_2013-4-29-14-16-37.pdf. Acesso em: 26 de janeiro de 2019.

FIGUEIRA, Cassio José Montagnani. *Ecologia da Paisagem e a Biologia da Conservação.* *In*: PIRATELLI, Augusto João; FRANCISCO, Mercival Roberto (Org.). **Conservação da Biodiversidade: dos Conceitos às Ações.** Rio de Janeiro: TECHNICAL BOOKS EDITORA, 2013. 272 p.cap. 4, p. 103- 115.

GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri da; BARROS, Nairam Félix de; VIANA, Alexandre Pio; SANTOS, Gabriel de Araújo. **Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da Região Sudeste do Brasil.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2008, vol.32, n.4 p.1489-1499. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400013>.

GUIMARÃES, Nathalia de F.; GALLO, Anderson de S; FONTANETTI, Anastácia; MENEGHIN, Silvana P.; SOUZA, Maicon D. B. de; MORINIGO, Kátia P. G.; SILVA, Rogério F. da. **Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro** Revista de Ciências Agrárias, v. 40, 2017. p. 34-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16041>.

GOMES, Algenor da S. **Qualidade do solo: conceito, importância e indicadores da qualidade.** Revista Cultivar. Pelotas Novembro 2015. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/qualidade-do-solo-conceito-importancia-e-indicadores-da-qualidade>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2018.

GOTELLI, Nicholas.J.; ELLISON, Aaron M. **Princípios de Estatística em Ecologia.** Porto Alegre, Artmed, 2011. 683p. cap. 12, p. 401- 455.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejos das coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos** (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012 Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf> . Acesso em: 20 de agosto de 2018.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica> Acesso em: 24 de março de 2019.

IAREMA, Alice Aparecida; FONTE, Luiz Eduardo Ferreira; FERNANDES, Raphael Bragança Alves; SCHAEFER, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud; PEREIRA, Luiz Carlos. **Qualidade Física e Química do Solo em Áreas de Exploração Florestal no Mato Grosso** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.737-744, 2011 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400018>.

ISERNHAGEN, Ingo *et al.* Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. *In:* RODRIGUES, Ricardo Ribeiro et al (Org.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 87-126.

LOPES, Helio; ACCIOLY, Luciano J. de O.; DA SILVA, Flávio H. B. B.; SOBRAL, Maria do C. M.; FILHO, José C. de Araújo; CANDEIAS, Ana L. B. **Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, n.9, p.973–980, 2011 Campina Grande, Paraíba, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000900014>.

MACHADO, Evandro L.M.; OLIVEIRA-FILHO, Ary T; BERG, Eduardo Van Den; CARVALHO, Warley A.C.; SOUZA, Josival S.; MARQUES, João J.G.S.M.; CALEGÁRIO, Natalino. **Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG.** Revista Brasil, v. 31, n. 2, p. 287- 302. Abril – Junho 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042008000200011>.

MATOSO, Stella Cristiani Gonçalves; SILVA, Alisson Nunes da; FIORELLI-PEREIRA, Elaine Cosma; COLLETA, Queicianne Paniago; MAIA, Emanuel. **Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira.** *Acta Amazonica* v. 42. n. 2. p. 231-240. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000200008>.

MAZZETTO, André Mancebo Mazzetto; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino; FEIGL, Brigitte Josefina; CERRI, Carlos Clemente. **Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia.** *Bragantia*, Campinas, 2016. v. 75. n. 1. p. 79-86. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.066>.

MEDEIROS, D. S.; MORAIS, P. A. de O.; BORBA, R. D.; SANTOS, R. C. G. dos; SOUZA, D. M. de. **Planejamento fatorial: otimização da determinação de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo por análise elementar.** Resumo em Anais de Congresso. *In: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS*, 10., 2016, Santo Antônio de Goiás. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016.

MELO, Valdinar Ferreira; SCHAEFER, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud. **Matéria orgânica em solos desenvolvidos de rochas máficas no Nordeste de Roraima.** *Manaus*, v. 39, n.1, p.53-60, março 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000100005>.

MENDES, Raone Beltrão. **Caraterização de estrutura de habitat ao longo de um gradiente ambiental e análise de sua influência na distribuição das espécies ameaçadas de guigós (*Callicebus spp.*) do Nordeste brasileiro.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) Universidade Federal do Sergipe Pró Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Núcleo de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, 2010. 91 p. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4408/1/RAONE_BELTRAO_MENDES.pdf. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

MENDES, Iêda de Carvalho; GOMES DE SOUSA, Djalma Martinhão; REIS JUNIOR, Fábio Bueno dos. **Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo.** *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 185-203, jan./ago. 2015. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/23311/13164>. Acesso em: 25 de março de 2018.

METZGER, Jean Paul. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? *In: KAGEYAMA, Paulo Yoshio; OLIVEIRA, Renata Evangelista de; MORAES, Luiz Fernando Duarte de; ENGEL, Vera Lex; GANDARA, Flávio Bertin (Org.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.* São Paulo: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais – FEPAF 2008 340 p. cap. 3, p 49 -76.

MONTEIRO, Marcela Teixeira; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri da. **Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. vol.28, n.5. p.819-826. 2004DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000500004>.

MORAES, Mayra Cristina Prado de; MELLO, Kaline de; TOPPA, Rogério Hartung. **Análise da Paisagem de uma Zona de Amortecimento como Subsídio para o Planejamento e Gestão de Unidades de Conservação**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.1-8, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100001>.

MOREIRA, Fatima Maria de Souza; SIQUEIRA; José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do solo**, 2 ed, Lavras. Editora: UFLA, cap.4, p. 165 -170, 2006. Disponível em: http://prpg.ufla.br/_ppg/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf. Acesso em: 06 de abril de 2018.

MONSORES, Denise Wilches; BUSTAMANTE, José Guilherme; FEDULLO, Luiz Paulo Luzes; GOUVEIA, Maria Teresa de Jesus. **Relato da Situação Ambiental com vistas à Preservação da ARIE Floresta da Cicuta**. Volta Redonda, 1982.

NORA, Elói Lennon Dalla; SANTOS, José Eduardo dos; **Dinâmica ambiental da zona de amortecimento de áreas naturais protegidas**. *Ambiência Guarapuava (Paraná)* v.7 n.2 p. 279 - 293 Maio/Agosto 2011. Disponível em: <http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2011/09.22.17.07/doc/1245-6484-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2018.

OSSOLA, Alessandro; APONTE, Cristina; HAHS, Amy K.; LIVESLEY, Stephen J.; **Contrasting effects of urban habitat complexity on metabolic functional diversity and composition of litter and soil bacterial communities**. Springer Science Business Media New York Novembro/2016. Disponível em: <https://link.springer.com.ez24.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11252-016-0617-2>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

PEIXOTO, Fabiana Gomes Teixeira. **Biomassa Microbiana e Atividade Enzimática em Solos do Estado De São Paulo sob Vegetação Nativa e Cultivados**. Jaboticabal, São Paulo, 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/88281>. Acesso em: 26 de janeiro de 2019.

PEREIRA, Sônia Valéria; MARTINEZ, Cosme Rafael; PORTO, Everaldo Rocha; OLIVEIRA, Beatriz Regina Brito; MAIA, Leonor Costa. **Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex numulária***. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, Brasília, v.39, n.8, p.757-762, agosto 2004. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/154631/1/OPB1122.pdf>. Acesso em: 26 de janeiro de 2019.

PESSOA, Fernando Amaro; CESÁRIO, Fernando Vieira; CASTRO JUNIOR, Evaristo de; **A Utilização de Características Químicas do Solo na Análise Funcional Ecológica de Fragmentos Florestais: Estudo de Caso na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio De Janeiro.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, v.3, n.4, p. 402-414, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285503990_A_utilizacao_de_caracteristicas_quimicas_do_solo_na_analise_funcional_ecossistemica_de_fragmentos_florestais_Estudo_de_caso_na_bacia_hidrografica_do_Bonfim_regiao_serrana_do_Rio_de_Janeiro. Acesso em: 28 de janeiro de 2019.

PILLON, Clenio Nailto; SANTOS, Daiane Carvalho dos; LIMA, Cláudia Liane Rodrigues de; ANTUNES, Lidiane Oliveira. **Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n.3, março/ 2011. P. 477- 453. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000300013>.

PINTO, Luis Paulo. **Status e os novos desafios das unidades de conservação na Amazônia e Mata Atlântica.** III Simpósio Nacional de Áreas Protegidas, At Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Setembro, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265249721_Status_e_os_novos_desafios_das_unidades_de_conservacao_na_Amazonia_e_Mata_Atlantica. Acesso em: 03 de abril de 2019.

REIS, Daniele Nogueira dos; DAVIDE, Antonio Claudio; FURTADO FERREIRA, Daniel. **Indicadores preliminares para avaliação da restauração em reflorestamentos de ambientes ciliares.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 34, n. 80, p. 375-389, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.80.757>.

REZENDE, C.L.; SCARANO, F.R.; ASSADD, E.D.; JOLY E, C.A.; METZGER, J.P.; STRASSBURGG, B.B.N.; TABARELLI, M.; FONSECAI, G.A.; MITTERMEIER, R.A. **From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest Perspectives in Ecology and Conservation.** v.16, p.208–214, October 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>.

RIBEIRO, Milton Cezar; METZGER, Jean Paul; MARTENSEN, Alexandre Camargo; PANZONI, Flávio Jorge; HIROTA, Márcia Makiko. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** *Biological Conservation* 2009; DOI: <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.02.021>.

RIBEIRO, Gyovanni Augusto Aguiar; VILLANI, Fernanda Tunes; VILLANI, Ecila M.A.; TEIXEIRA, Wenceslau G.; MOREIRA, Fátima M.S.; ALFAIA, Sônia S. **Carbono E Nutrientes Do Solo Em Capoeiras De Diferentes Idades Na Comunidade Indígena De Guanabara II, Alto Solimões Amazonas.** Revista De Educação, Ciência E Tecnologia Do IFAM ISSN: 1982-5498 ISSN-E: 2238-4286 Edição Especial – Novembro 2017. p. 59- 66. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1089586/carbono-e-nutrientes-do-solo-em-capoeiras-de-diferentes-idades-na-comunidade-indigena-de-guanabara-ii-alto-solimoes-amazonas>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

RODOLFO, Allyne Mayumi; TEMPONI, Livia Godinho; CÂNDIDO JÚNIOR; José Flávio. **Levantamento de plantas exóticas na trilha do Poço Preto, Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 22-24, set. 2008. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1078>. Acesso em: 10 de março de 2018.

ROSA, Maria Eloisa Cardoso da; OLSZEWSKI, N; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. **Formas De Carbono Em Latossolo Vermelho Eutroférrico Sob Plantio Direto no Sistema Biogeográfico do Cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27 n. 5. 2003. p.911-923. DOI: 10.1590/S0100-06832003000500016.

ROSA, Tania de Fátima de Deus; SCARAMUZZA, Walcylene Lacerda Matos Pereira; FEITOSA, Isadora Pires; ABREU, Fernanda Feboli Mansano. **Produção e Decomposição de Serapilheira em Povoamentos de Teca no Estado de Mato Grosso, Brasil** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1117-1127, out.-dez., 2017 DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509830288>.

SALIMON, Cleber Ibraim. **Respiração do solo sob florestas e pastagens na Amazônia Sul-Ocidental, Acre** Piracicaba, 2003. 112p. Tese (Doutorado em Ciências: Energia Nuclear na Agricultura) Centro de Energia Nuclear Na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde-02062003-092035/publico/tesecleber.pdf>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.

SANTOS, Eucymara França Nunes; SOUSA, Inajá Francisco. **Análise Estatística Multivariada da Precipitação do Estado de Sergipe Através dos Fatores e Agrupamentos.** Revista Brasileira de Climatologia, Ano 14 – Vol. 23 – jul/dez 2018. DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58267>.

SANTOS, Fabio Luís de Souza. **Relação entre o carbono e o nitrogênio no solo sob diferentes usos e aspectos geomorfológicos ao longo de uma catena na região de Cerrado no Brasil Central.** Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. 2017 96 p. Dissertação de Mestrado (Ecologia). Universidade de Brasília. Brasília-DF 2017. Disponível em: < <http://www.pgeclunb.net.br/en-us/dissertacoes-defendidas/2016-2018/1095-fabio-luis-de-souza-santos-2017-1/file>>. Acesso em: 10 de março de 2018.

SANTOS, Thais E. M. dos; MONTENEGRO, Abelardo A.A.; SILVA, Demetrius D. **Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR).** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB. V. 15, n. 7, p. 670- 679. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000700004>.

SCHRUNER, Johan; ROSSWALL Thomas. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of Total Microbial Activity in Soil and Litter. Applied and Environmental Microbiology, USA v.43 n. 6 p. 1256-1261. Jun,1982. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16346026>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

SILVA, Cristiane Figueira da; PEREIRA Marcos Gervasio; MIGUEL, Divino Levi; FEITORA, Júlio César Fernandes; LOSS, Arcângelo; MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel; SILVA, Eliane Maria Ribeiro da. **Carbono Orgânico Total, Biomassa Microbiana e Atividade Enzimática Do Solo de Áreas Agrícolas, Florestais e Pastagem no Médio Vale do Paraíba Do Sul (RJ)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, outubro, v. 36, n 6, 2012. 10 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600002>.

SILVA, Danni Maisa da; ANTONIOLLI, Zaida Inês; JACQUES, Rodrigo Josemar Seminoti; SILVEIRA, Andressa de Oliveira; SILVA, Diego Armando Amaro da; RACHE, Magnus Maurício; PASSOS, Vitor Hugo Gomes; SILVA, Bruno Rafael da. **Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos** Revista Bras. Ciencia Solo, RS. v. 39 p.1585-1594, Rio Grande do Sul, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20150138.

SILVA, Edmilson Evangelista da; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin, DE POLLI, Helvécio. **Determinação do Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo (NMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, julho 2007 (a) 6 p. Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/597310/1/cot096.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2018.

SILVA, Edmilson Evangelista da; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin, DE POLLI, Helvécio. **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, agosto 2007 (b). 6 p. Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 98. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/625010/1/cot098.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2018.

SILVA, Edmilson Evangelista da; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin, DE POLLI, Helvécio. **Determinação da respiração (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007 (c). 4 p. Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/627577/1/cot099.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2018.

SILVA, Michelle; SIQUEIRA, Edmar Ramos; COSTA, Jefferson Luis da Silva. **Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbológica de um solo submetido a reflorestamento**. Ciência Rural, v.34 n. 5. p. 1493- 1496. Santa Maria, set-out 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a25v34n5.pdf>. Acesso em: 27 de janeiro de 2019.

SOBRAL, Ivana Silva; SANTANA, Raiane Kismary de Oliveira; GOMES, Laura Jane; COSTA, Marleno; RIBEIRO, Genésio Tâmara; SANTOS, José Ronaldo dos. **Avaliação dos Impactos Ambientais no Parque Nacional Serra de Itabaiana - SE 2007** Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 8, n. 24 dezembro/2007 p. 102 - 110 Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15713/8888>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2018.

SOUZA, Gilson Roberto de; PEIXOTO, Ariane Luna; FARIA, Mauricio Bueno; ZAÚ, André Scarambone. **Composição Florística e Aspectos Estruturais do Estrato Arbustivo- Arbóreo de um Trecho de Floresta Atlântica no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil.** SITIENTIBUS SÉRIE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS Vol. 7 n. 4, p. 398 -409, outubro-dezembro 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/1477787/Composi%C3%A7%C3%A3o_flor%C3%ADstica_Floresta_da_Cicuta. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

TABARELLI, Marcelo; PINTO, Luiz Paulo; SILVA, José Maria C.; HIROTA, Márcia M.; BEDÊ, Lúcio C. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira.** MEGADIVERSIDADE | Volume 1 | Nº 1 | Julho 2005. Disponível em: <http://www.avesmarinhas.com.br/Desafios%20e%20oportunidades%20para%20a%20conservac%C3%A7%C3%A3o%20da%20biodiversidade.pdf>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2019.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3051 A.** Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. 2007. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3051a.pdf>. Acesso em: fev. 2019.

VALCARCEL, Ricardo; VALENTE, Flávio Dias Wanderley, MOROKAWA, Maira Jardineiro; NETO, Felipe Vieira Cunha; PEREIRA, Carlos Rodrigues **Avaliação da Biomassa de Raízes Finas em Área de Empréstimo Submetida a Diferentes Composições de Espécies.** Sociedade de Investigações Florestais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.923-930, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500016>.

VALENTINI, Carla Maria Abido; ABREU, Joadil Gonçalves de; FARIA, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de. **Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas.** Revista Internacional de Ciências · v.5 - n.2 · jul./dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2015.19581>.

VIANA, Virgílio M.; PINHEIRO, Leandro A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais** ESALQ/USP v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267361791_Conservacao_da_biodiversidade_em_fragmentos_florestais. Acesso em: 15 de julho de 2018.

YAGI, Renato. **Métodos químicos para a estimativa do nitrogênio disponível do solo.** Jaboticabal, 2008. 120 p. Tese (doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105273>. Acesso em: 06 de janeiro de 2019.